

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

E.A.P. DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**Indicadores biológicos, poblacionales y pesqueros del
“cangrejo peludo” *Cancer setosus* (Molina 1782) en el
área del Callao, durante el periodo 2006 -2008**

TESIS

**Para optar el Título Profesional de Biólogo con mención en Hidrobiología
y Pesquería**

AUTOR

Edgar Argumedo Guillén

ASESOR

Blga. Carmen Yamashiro Guinoza

Lima – Perú

2012

A mis padres por su comprensión y apoyo para la culminación de mi carrera profesional.

A mis hermanos María Isabel y Miguel, por su apoyo, consejo, y ejemplo.

A mis compañeros y amigos de la promoción Orestes Málaga Málaga, con quienes compartí una parte muy importante de mi vida.

A los profesores Carmen Yamashiro y Marco Espino.

Agradecimientos

A los biólogos Carmen Yamashiro y Marco Espino profesores de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por la amistad, confianza y orientación brindada durante mi carrera profesional.

A la Blga. Carmen Yamashiro por su asesoría y orientación durante el presente trabajo de tesis.

Al personal del Instituto del mar del Perú: Juan Arquielles, Silvia Aguilar, José Zavala, Salomón Limache, Anatolio Taipe y Ricardo Tafur por brindarme su amistad y apoyo con sus conocimientos en la ejecución de este trabajo de tesis.

Un agradecimiento muy especial para mi "piecitos" razón y motivo de sustentación de esta tesis. Kullayki...!!!

Índice

1.	Resumen	1
2.	Abstract.....	2
3.	Introducción.....	3
4.	Marco teórico	5
4.1.	Investigación pesquera	5
4.2.	Biología pesquera.....	5
4.3.	Dinámica poblacional de organismos acuáticos.....	6
4.3.1.	Stock	7
4.3.2.	Crecimiento	7
4.3.3.	Estimación de los parámetros de crecimiento.....	8
4.3.4.	Mortalidad.....	9
4.4.	Esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo.....	10
4.5.	Cangrejo peludo (<i>Cancer setosus</i>) – Antecedentes	11
5.	Objetivos.....	14
5.1.	Objetivo general.....	14
5.2.	Objetivos específicos	14
6.	Materiales y métodos.....	15
6.1.	Población y muestra.....	15
6.2.	Registro de datos morfológicos y biológicos	15
6.3.	Estructura de tallas.....	16
6.4.	Proporción sexual	16
6.5.	Relación Longitud – Peso.....	17
6.6.	Factor de condición (k)	17
6.7.	Crecimiento.....	18
6.8.	Ciclo reproductivo	19
6.9.	Talla media de desove	19
6.10.	Talla media de madurez morfométrica.....	20
6.11.	Tasa intrínseca de mortalidad total (Z).....	21
6.12.	Tasa intrínseca de mortalidad natural (M)	22
6.13.	Tasa instantánea de mortalidad por pesca (F) y tasa de explotación (E)	23
6.14.	Pesquería.....	23
7.	Resultados.....	24

7.1.	Estructura por tallas.....	24
7.2.	Proporción sexual	25
7.3.	Relación Longitud – Peso y factor de condición (k)	28
7.4.	Madurez sexual e Índice gónadosomático (IGS).....	33
7.5.	Talla media de desove (TMD))	36
7.6.	Talla media de madurez morfométrica.....	37
7.7.	Crecimiento.....	39
7.8.	Mortalidad	40
7.9.	Pesquería.....	41
8.	Discusión	43
9.	Conclusiones.....	50
10.	Referencias bibliográficas.....	52

1. Resumen

Se determinaron algunos indicadores biológicos, poblacionales y pesqueros del “cangrejo peludo” *Cancer setosus* (Molina, 1782) en el área del Callao a fin de brindar algunos elementos técnicos para su ordenamiento pesquero. Se analizaron 4 553 ejemplares provenientes de la pesquería artesanal de la zona del Callao durante el periodo 2006 - 2008. La proporción sexual observada fue diferente al 1:1, siendo los más frecuentes los ejemplares machos, ya que sobre ellos se ejerce mayor presión de pesca, debido a su mayor tamaño y mejor rendimiento en peso. La relación longitud-peso fue del tipo isométrico en ambos sexos, definiéndose como $\text{Peso total} = 0,0001 * AC^{3,10}$ en machos, y $\text{Peso total} = 0,0006 * AC^{2,77}$ en hembras y la madurez morfométrica estimada para machos fue de 120,5 mm AC. El crecimiento mostro algunas diferencias entre sexos, los machos alcanzan las mayores tallas ($L_{\infty} = 204.1$) y crecen a mayor velocidad ($K = 0.56$), mientras las hembras son de tallas menores ($L_{\infty} = 194.1$) y de menor velocidad de crecimiento ($K = 0.52$). Los valores de captura y esfuerzo fueron mayores durante las estaciones de verano y otoño; no se observó una relación directa entre las capturas y las variables ambientales, pero si con el esfuerzo aplicado en las actividades extractivas. Con la información obtenida y analizada se puede afirmar que a pesar de la fuerte presión de pesca que se ejerce sobre este recurso, la población del “cangrejo peludo” soporta el ritmo de la pesquería ejercida durante el periodo de estudio por lo cual, para ser más concluyentes, es importante y necesario realizar mayores estudios, que nos permitan establecer los niveles de captura y esfuerzo óptimos para una actividad sustentable.

2. Abstract

Some biological, population, and fisheries indicators of “hairy crab” *Cancer setosus* (Molina, 1782) were determined in the area of Callao with the purpose of providing some technical elements for fisheries management. First, 4 553 specimens from Callao’s artisanal fishery area were analyzed during the period 2006 to 2008. The observed sexual proportion differs from 1:1, which is the most frequent measure between male specimens since a major pressure of fishing is exercised over them due to their larger size and better performance according to their weight. Along with that, the relationship between length and weight was isometric in both sexes; defined as $Peso\ total = 0,0001 * AC^{3,10}$ in males, and $Peso\ total = 0,0006 * AC^{2,77}$ in females. Besides, morphometric maturity for males was estimated as 120.5 mm AC. The growth also showed some differences between both sexes, males reach larger sizes ($L_{\infty} = 204.1$) and grow more rapidly ($K=0.56$), while females are smaller size ($L_{\infty} = 194.1$) and lower growth rate ($K=0.52$). The capture and effort values were higher during summer and autumn; there was no direct relationship between captures and environmental variables but with the effort applied in extractive activities. As a result from the obtained and analyzed information, it can be said that despite the strong pressure over fishing, the “hairy crab” population could stand by itself the rhythm of fishery during the study period. Moreover, to be more conclusive, is important and necessary to make effective more researches which allow us to establish the optimal capture and effort levels for a sustainable activity.

3. Introducción

El manejo sostenible de los recursos acuáticos es un tema que está hoy en día muy en boga, debido principalmente a que estos recursos son la base de diversas actividades antrópicas, como son la pesquería y la acuicultura. La pesquería en la costa peruana se desarrolla desde tiempos ancestrales, hechos que se representan en muchas obras pictográficas realizadas sobre vasijas y murales de las culturas Moche, Chimú y Caral, lo cual realza la gran importancia de esta actividad en el desarrollo de nuestra sociedad.

Actualmente la pesquería de invertebrados marinos en el Perú proporciona empleo y calidad de vida a las comunidades costeras, basados en la gran diversidad de recursos hidrobiológicos en el litoral costero y su alta demanda en el mercado local, nacional e internacional. Entre los recursos de invertebrados más importantes se encuentra el “cangrejo peludo” *Cancer setosus*, el cual constituye uno de los cangrejos más cotizados y consumidos en la costa peruana.

C. setosus es un braquiuro que se encuentra ampliamente distribuido desde la costa Sur del Ecuador hasta la costa Sur de Chile (Henríquez y Bahamonde, 1976), habita como epifauna en fondos duros con refugios de rocas, aunque también se puede encontrar en fondos arenosos o de grava. Son más abundantes entre los 4 y 8 metros de profundidad, pero también se los puede encontrar en aguas más profundas hasta los 25 m de profundidad (Gutiérrez y Zuñiga, 1976). Son capturados principalmente por los pescadores artesanales de la zona centro y sur del Perú mediante el buceo a pulmón, semi-autónomo o mediante trampas (nasas) aunque, ocasionalmente son capturados incidentalmente con otro tipo de aparejos empleados en la extracción de peces costeros, como el chinchorro, y en las faenas de arrastre de fondo. La comercialización es netamente para el consumo humano directo en los principales

mercados locales. La pesquería obtiene sus mayores desembarques en la zona sur proporcionando más del 50 % del desembarque total anual de este recurso, siendo en Laguna Grande donde se registran los mayores desembarques e índices de abundancia, seguido por Morro Sama y San Andrés (IMARPE, 2009). En el área del Callao, la extracción se realiza por buceo semiautónomo, siendo el “cangrejo peludo” el crustáceo de mayor importancia comercial en este Puerto (IMARPE, 2011).

A pesar de su importancia se dispone de escasa información sobre la biología, dinámica poblacional y su pesquería, es por ello que las medidas de regulación vigentes están limitadas a una talla mínima de extracción de 11 cm de ancho de caparazón, bajo un enfoque precautorio, y la prohibición de extracción de hembras ovígeras (Resolución Ministerial N° 159-2009-PRODUCE).

En este contexto, el presente estudio contribuye al conocimiento de algunos aspectos biológicos, poblacionales y pesqueros del cangrejo peludo en el área del Callao, como elementos técnicos para su ordenamiento pesquero.

4. Marco teórico

4.1. Investigación pesquera

En general, cuando se habla de investigación pesquera la mayor parte de la gente piensa en biología, debido a que por pesca se puede entender la actividad humana que, con ayuda de instrumentos apropiados, tiende a capturar organismos acuáticos para aprovecharlos generalmente como alimentos. Sin embargo, se tiene que señalar que la investigación pesquera debe considerar la pesca como un sistema total, en el cual intervienen los organismos acuáticos (como el recurso natural que se explota), las características biológicas de estos recursos y los organismos con las que interacciona, y las propiedades fisicoquímicas y geológicas del ambiente donde se desarrollan. También se toman en cuenta las actividades relacionadas con las técnicas que se emplean para la captura, la elaboración y el almacenamiento de los productos, la venta de los mismos, así como las normas legales, los procesos económicos y sociales que se generen con motivo del aprovechamiento integral del recurso.

4.2. Biología pesquera

La biología pesquera es una disciplina de las ciencias pesqueras que estudia las pesquerías, desde el punto de vista bioecológico, de las especies que forman parte de la captura o son objetivo en la pesquería. Su objetivo principal es proporcionar a los pescadores y al público en general una información rigurosa sobre la cantidad máxima de cada especie que puede ser capturada en una pesquería sin poner en peligro su sostenibilidad. Además la biología pesquera también elabora estudios que no necesariamente tienen un uso inmediato como por ejemplo, las relaciones tróficas entre las diferentes especies, la biodiversidad, etc. Para este fin se recurren a diferentes disciplinas como la ecología, la fisiología, la biología marina, la sistemática, la oceanografía, entre otras.

4.3. Dinámica poblacional de organismos acuáticos

Uno de los aspectos más importantes en la investigación pesquera, es precisamente la dinámica de la población acuática que se encuentra sujeta a una actividad pesquera. La dinámica poblacional se define como una rama de la biología que con ayuda de otras ciencias, principalmente de las matemáticas, describe y cuantifica los cambios que continuamente ocurren en la población. Conocer la dinámica de una población de peces implica pues conocer no sólo el tamaño y la estructura de la población, sino, lo que es más importante, implica conocer la forma y la intensidad en que ésta cambia y se renueva (Csirke, 1989).

Uno de los primeros en describir mediante un modelo matemático la dinámica de una población de peces en explotación, señalando al mismo tiempo a los principales factores que rigen esta dinámica, fue Russell (1931). El modelo que propuso, que es básicamente un modelo descriptivo, fue un gran paso adelante en su época y ha servido de base para el desarrollo de modelos analíticos más complejos de amplia aplicación en la actualidad. Este modelo resume además el concepto general de la dinámica de poblaciones de peces en una sencilla ecuación, de la forma:

$$S_2 = S_1 + (G + R) - (C + M)$$

donde S_1 y S_2 representan el peso o biomasa total de la población existente al inicio y al final de un período de tiempo determinado; C representa la cantidad de peces muertos por la pesca en ese mismo período de tiempo; M representa la cantidad de peces muertos por causas naturales; G representa el crecimiento en peso experimentado por los miembros de la población que han sobrevivido a estas dos causas de mortalidad; y, R representa la cantidad de reclutas o de nuevos individuos que han ingresado a formar parte de la población en ese mismo tiempo.

4.3.1. Stock

Al describir la dinámica de un recurso acuático explotado, un concepto fundamental es el de stock. El stock posee varias definiciones, ya que varias de ellas suelen parecer muy superficiales para muchos biólogos.

Para efectos de evaluación, se puede considerar por “stock” a un grupo de animales a los cuales se les puede establecer los límites geográficos y, por lo tanto, también la pesquería (flotas de pesca) que la conforma (Sparre y Venema, 1997). Tal grupo de animales debe de pertenecer a una misma clase dentro de la especie, es decir tener un acervo común de genes. Es más fácil identificar un stock en aquellas especies con escaso comportamiento migratorio (principalmente las demersales), que en las especies altamente migratorias como el atún.

4.3.2. Crecimiento

El crecimiento está definido como el aumento irreversible del tamaño de un individuo a través del tiempo. Este crecimiento es un aspecto individual y depende de factores ambientales y genéticos.

Para describir el crecimiento de los organismos, se recurren a funciones matemáticas, los cuales nos permiten estimar el crecimiento de un individuo estándar. Existen diversos modelos, pero el modelo más conocido y más importante es el modelo de crecimiento de Von Bertalanffy (VBGF). Dado que la mayoría de sus parámetros tienen significancia biológica es el modelo más aplicado, especialmente en los estudios de dinámica de poblaciones que están relacionados con la pesquería. La VBGF se expresa de la siguiente forma:

$$L_t = L_{\infty} * [1 - \exp(-K * (t - t_0))]$$

A partir de esta expresión inicial, se realizaron algunas modificaciones, tal es la ecuación de crecimiento estacionalizada de Von Bertalanffy (Cloern y Nichols, 1978; Pauly y Gaschütz, 1979; Pitcher y Macdonald, 1973), donde además de los parámetros tradicionales, se incluye la variable ambiental que está representada por WP (Winter Point) que indica el momento o periodo del año donde se da el crecimiento más lento, ligado a los periodos más fríos del año, y también por el parámetro C (amplitud de crecimiento), que representa la amplitud de las oscilaciones de la curva de crecimiento. Esta ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$L_t = L_{\infty} * [1 - e^{-k(t-t_0)-(CK/2\pi)*\sin(2\pi*(t-t_s))}]$$

4.3.3. Estimación de los parámetros de crecimiento

El análisis del crecimiento se realiza mediante la observación del incremento del tamaño del organismo a través del tiempo. Dependiendo del tipo de datos de crecimiento que se disponga, se pueden estimar los parámetros de dos formas. **Indirecta**, lo cual conlleva a realizar una transformación de nuestra ecuación de crecimiento para poder estimar los parámetros en una ecuación lineal; **Directa**, donde nuestra ecuación de crecimiento se aplica directamente sin transformación con un algoritmo no lineal iterativo. Hay tres tipos de datos que nos van a permitir estimar el crecimiento, datos talla – edad, incremento de tamaño (captura y recaptura) y frecuencias de tallas. En esta ocasión solo nos centraremos en esta última (datos de frecuencias de tallas). Este tipo de datos trabaja con grupos de individuos, ya que a veces es imposible poder determinar la edad del organismo, ya que no posee estructuras duras (otolitos, estatolitos, opérculo o conchas en moluscos, etc.) donde se

forman las marcas de crecimiento, o los factores ambientales no tienen ninguna o poca estacionalidad como sucede en áreas tropicales. Se puede estimar el crecimiento a través de distribuciones de frecuencias de tamaños representativas bajo los siguientes supuestos:

- La población está compuesta por diferentes cohortes (cohorte es la parte de la población que tiene una edad parecida) que tienen diferentes tamaños promedios.
- El tamaño de la muestra es suficientemente grande (significativa).

En algunas especies es muy difícil el poder establecer las relaciones entre el tamaño y la edad, esto se debe a cuatro eventos principales: **1)** La regeneración, la que ocurre cuando el organismo pierde partes de su cuerpo, por ejemplo por depredación, por lo que el crecimiento se reduce hasta la regeneración del cuerpo; **2)** Crecimiento rápido con un periodo largo de reclutamiento, el cual se da en algunas especies que presentan una reproducción y un reclutamiento continuo durante condiciones favorables, por lo que la duración de una generación es muy corta, y por ende no se forman las marcas de crecimiento y las distribuciones de frecuencias de tamaños no contienen cohortes distintas (varias cohortes representadas por un mismo grupo modal); **3)** Crecimiento lento, especies que crecen muy lentamente tampoco forman cohortes distintas que se puedan separar mediante la distribución de frecuencias en talla; **4)** Crustáceos, estos organismos cambian su exosqueleto varias veces durante su vida (muda o ecdicis), por lo que no forman marcas de crecimiento.

4.3.4. Mortalidad

En dinámica poblacional, la definición de mortalidad se puede dar a un nivel individual y a un nivel de cohorte. En el nivel individual la mortalidad está dada como la

probabilidad de muerte en cierto intervalo de tiempo (definido como morbilidad), mientras que para una cohorte la mortalidad se presenta como la disminución de la abundancia en un intervalo de tiempo.

En la investigación pesquera se distinguen tres tipos de mortalidad:

- Mortalidad por pesca (F), que es la causada por el ejercicio de la pesca producto de la explotación realizada por el hombre.
- Mortalidad natural (M), el cual implica toda la mortalidad que ocurre en un sistema natural y que no es causada por el hombre, como son las relaciones tróficas de depredación, parasitismo, etc.
- Mortalidad total (Z), que viene a ser la suma de las dos mortalidades anteriores
$$Z = F + M.$$

4.4. Esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo

Los datos de captura y esfuerzo son facilitados por las pesquerías y por lo general son los únicos disponibles. Normalmente, se cuenta con la información de la captura total mucho antes que de otra información porque los referentes a la captura y su valor son importantes por razones económicas. No obstante, la captura revela muy poco del estado de la pesquería, ya que la misma captura total podría obtenerse de una población sub-explotada o una sobreexplotada. Para tener una idea clara de la pesquería, se necesita una medida del esfuerzo de pesca. Estas dos cantidades pueden ser usadas en conjunto convenientemente. Ambas dan índices que son proporcionales a cantidades importantes tales como el coeficiente de mortalidad por pesca, y la densidad de la población explotada. Si una de estas dos cantidades es conocida, la otra puede ser calculada inmediatamente, siempre que sea conocida la captura total.

Las relaciones entre la captura, esfuerzo y la densidad de la población son claras para actividades que tienen una sola unidad objetivo, y cuando la densidad de éstos es uniforme. Entonces la captura por operación es directamente proporcional a la densidad de la población, y el número de operaciones es proporcional a la mortalidad causada.

Matemáticamente, si la captura es proporcional a la densidad de la población se expresaría de la siguiente forma:

$$\Delta C = q * \Delta f * N / A$$

Dónde:

ΔC : Captura total por operación de pesca.

q: Constante.

Δf : Esfuerzo de pesca ejercido en la operación.

N: Abundancia media de la población.

A: área habitada por la población.

4.5. Cangrejo peludo (*Cancer setosus*) – Antecedentes

C. setosus es de hábitos territoriales que no forman grupos; tienen un comportamiento de depredador intermedio, por lo que también se protege de los depredadores superiores (p. e. asteroideos y peces) en cavidades y grietas del sustrato; se alimenta de conchas y almejas (Mendo *et al.*, 1987) también de animales muertos y desperdicios (Gutiérrez y Zuñiga, 1976). Se cree que es un importante regulador del reclutamiento de algunos moluscos como es el caso de la “concha de abanico” *Argopecten purpuratus* (Wolff, 1987); su dieta está basada en diversos animales,

desechos orgánicos y carroña, alimentándose preferentemente de noche (Morales y Antezana, 1983).

En cuanto al crecimiento, el proceso de muda se llevaría a cabo alrededor de seis veces durante el primer año, aumentando 8 mm cada vez (48 mm aproximadamente durante el primer año), a partir del segundo año mudaría dos veces por año (16 mm/año), alcanzando tallas máximas de 160 mm (Gutiérrez y Zuñiga, 1976).

La dinámica poblacional de este recurso fue estudiado en otras latitudes como La Bahía La Herradura – Chile, donde se estimaron los parámetros de crecimiento $K = 0,57$ y $L_{\infty} = 160,5$ mm de ancho de cefalotórax para hembras, y $K = 0,54$ y $L_{\infty} = 198,0$ mm de ancho de cefalotórax para machos. Además, estimaron la talla de madurez sexual en 98 mm y 124 mm de ancho de cefalotórax para hembras y machos respectivamente (Wolff y Soto, 1992).

En el ámbito nacional son pocos los estudios realizados sobre este recurso. Sobre la taxonomía del “cangrejo peludo” se describe a esta especie bajo el nombre de *Cancer polyodon* (Chirichigno, 1970); posteriormente, se considera dentro de la lista de invertebrados de importancia económica bajo el nombre *C. setosus* (Mendez, 1982). Respecto a la biología reproductiva, Talledo e Ishiyama (1988) proponen una escala de madurez sexual para hembras basándose en las características macroscópicas y microscópicas de las gónadas. Por otro lado, el estudio realizado por Merino (1995) informo sobre la talla media de desove, proporción sexual y parámetros de crecimiento de este crustáceo en la Bahía de Guaynuna - Casma.

Acosta *et al.* (1996) realizaron una descripción de las características biológicas y biométricas del “cangrejo peludo” en el área de Ilo dando un mayor énfasis en los aspectos reproductivos con la finalidad de desarrollar una escala macroscópica para la

determinación de los estadios sexuales de hembras, así como la definición de la relación existente entre la longitud total del caparazón y el peso húmedo total.

Perea (1998) estimó la talla de primer desove en 10 cm de ancho de cefalotórax basándose en la madurez histológica de las gónadas, además de concluir que este crustáceo se reproduce durante todo el año con picos importantes en verano e invierno.

En trabajos más recientes realizados en Chile se busca entender los patrones de reproducción a diferentes latitudes en invertebrados, haciendo foco en *C. setosus*, con la finalidad de verificar si la respuesta reproductiva es un buen indicador del esfuerzo reproductivo (Brante *et al.*, 2003). Por otro lado, Aguilar y Pizarro (2006) realizaron un estudio sobre la inclusión de ventanas de escape en trampas para la captura de “jaiba peluda” (*C. setosus*), los resultados indicaron que no hubo una diferencia significativa en la talla media de ejemplares capturados con los diferentes modelos de trampas empleados. Cisterna *et al.* (2008) estudiaron la conducta de forrajeo del “cangrejo peludo” a través de la preferencia de éste por el tamaño de la presa y de su tasa de consumo en condiciones de anoxia y normoxia; mostraron que en condiciones de normoxia, esta especie prefiere presas de mediano tamaño, puesto a que son estas presas las que otorgan un mejor retorno energético, es decir que la energía que se gana es mayor que la energía empleada en la obtención del alimento, mientras que en condiciones de hipoxia, son las presas pequeñas las que se prefieren puesto a que se emplea menor cantidad de energía en su obtención. El ritmo de alimentación menor presentado por los organismos sometidos a hipoxia revela que estos organismos destinan su energía a mantenerse y no al crecimiento, como sí puede sugerirse para los organismos mantenidos en normoxia.

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Contribuir al conocimiento de la biología, dinámica poblacional y pesquería de *Cancer setosus* (Molina, 1782) en el área del Callao, como elementos técnicos para su ordenamiento pesquero.

5.2. Objetivos específicos

- Determinar algunos aspectos biológicos como el ciclo de reproducción, talla de desove y madurez sexual de *C. setosus* en el área y periodo de estudio.
- Determinar las tasas de crecimiento en longitud y peso de *C. setosus*, así como de la mortalidad total, natural y por pesca.
- Determinar las variaciones de la abundancia de *C. setosus* a través de la captura por unidad de esfuerzo en el área del Callao, y el efecto de la extracción comercial y temperatura superficial del mar sobre este recurso.

6. Materiales y métodos

6.1. Población y muestra

La población objeto de estudio de la presente investigación lo conformaron los ejemplares de *C. setosus* que habitan en las principales zonas de pesca del Callao.

La muestra estuvo conformada por un total de 4553 ejemplares extraídos por los pescadores artesanales de la zona del Callao, entre febrero de 2006 y noviembre de 2008.

6.2. Registro de datos morfológicos y biológicos

El presente estudio se desarrolló en el marco del programa de Seguimiento de las Pesquerías de Invertebrados Marinos que realiza la Unidad de Investigaciones de Invertebrados Marinos del Instituto del Mar del Perú – IMARPE, a través del cual se obtiene información sobre la estructura de tallas, características biológicas, desembarques, esfuerzo y áreas de pesca en los principales lugares de extracción del recurso, los cuales se procesan en series mensuales, trimestrales y anuales.

Siguiendo la metodología empleada por la Unidad de Investigaciones en Invertebrados Marinos (UIIM) se registró en cada uno de los ejemplares: el ancho del cefalotórax (ACT), la longitud del cefalotórax (LCT) y adicionalmente, en ejemplares machos, se realizó la medición de las dimensiones de la quela derecha, tales como la longitud (LQD), ancho (AQD) y altura (HQD). Las mediciones se realizaron con ayuda de un calibrador Vernier con una precisión de 0,1 mm.

Se obtuvo el peso total húmedo, y en hembras, adicionalmente, se determinó el peso húmedo de las gónadas, usando para ello una balanza con precisión de 0,01 g.

La determinación del sexo de los ejemplares se realizó por observación directa de los caracteres sexuales secundarios respecto a la forma y el tamaño del abdomen, y de los pleópodos.

Respecto a la madurez sexual, la identificación de los diferentes estadios se realizó en base a las características morfológicas y físicas de las gónadas según lo propuesto por Perea (1998).

6.3. Estructura de tallas

La composición o estructura por tallas se analizó en series mensuales, usando como medida básica el ancho del cefalotórax agrupado en intervalos de 5 mm. En base a estos datos se elaboraron histogramas que fueron posteriormente analizados mediante el método de Bhattacharya, el cual está incluido en el paquete FISAT II (Gayanilo *et al.*, 2002) para la resolución de las distribuciones en sus componentes gaussianas (separación de grupos modales).

6.4. Proporción sexual

El análisis de la proporción sexual se realizó por meses, considerando como hipótesis nula la igualdad en el número total de machos y hembras, para lo cual se usó la siguiente expresión:

$$\%_i = N_i / N_t * 100$$

Dónde:

% : Proporción sexual

N_i : Número de individuos presentes en el grupo “ i ” (macho o hembra).

N_t : Número total de individuos por mes.

Para establecer si hay diferencias significativas con respecto a la relación esperada, 1:1 entre machos y hembras, se usó la prueba del **Chi** cuadrado (X^2).

6.5. Relación Longitud – Peso

La relación entre la longitud y el peso es usado por los investigadores y administradores pesqueros para muchos fines (Le Cren, 1951). Se realizaron las regresiones tanto machos como para hembras en forma separada, estimando los valores a α y β mensualmente. Esta relación fue determinada a través de la linealización del modelo potencial.

$$w_i = \alpha AC_i^b * e^{\epsilon_i}$$

Aplicando Logaritmo a la expresión anterior, tenemos:

$$\log(w_i) = \log \alpha + b \log(AC_i) + \epsilon_i$$

Dónde:

$\log(w_i)$: Logaritmo natural del Peso total (g).

$\log(AC_i)$: Logaritmo natural del ancho del cefalotórax.

α y β : Parámetros de regresión.

ϵ_i : Error asociado a la regresión.

6.6. Factor de condición (k)

El factor de condición (Le Cren, 1951) se empleó para analizar el grado de bienestar

del cangrejo peludo y sus variaciones mensuales, y fue determinado acorde a Vazzoler (1996) mediante la siguiente expresión:

$$k = w_i / AC_i^b$$

Donde k corresponde al factor de condición y b es el coeficiente de alometría relacionado con la forma de crecimiento de los individuos, calculado de la relación longitud – peso, w_i es el peso total (gr), AC_i es el ancho del cefalotórax (mm).

6.7. Crecimiento

El análisis previo de la progresión modal fue subsecuente al análisis de progresión de medias. Para determinar el crecimiento estacional del organismo se usó la metodología propuesta por Appeldoorn (1987) y modificada posteriormente por Soriano y Pauly (1989):

$$L_{t2} = L_{\infty} \left[1 - \left(1 - \frac{L_{t1}}{L_{\infty}} \right) * \exp \left[-K * (t_2 - t_1) + \frac{CK}{2\pi} (\sin 2\pi(t_1 - t_s) - \sin 2\pi(t_2 - t_s)) \right] \right]$$

$$t_s = 0.5 + WP$$

Donde L_{t2} es la longitud del individuo en el tiempo t_2 , L_{∞} corresponde a la longitud asintótica, K es la constante de crecimiento, L_{t1} es la longitud inicial, C es la amplitud de crecimiento estacional y WP es la estimación del periodo anual donde se presenta el menor crecimiento (sus valores se encuentran entre 0 y 1), t_s es el tiempo de verano el cual representa la época de mayor crecimiento. Esta metodología se encuentra incluido en el paquete FISAT II. Para comparar el crecimiento entre sexos, se usó el ϕ' índice de Munro y Pauly (1983), modificado luego por Sparre (1987).

6.8. Ciclo reproductivo

Para determinar el ciclo reproductivo del “cangrejo peludo” se analizó el índice gónadosomático (IGS) para lo cual se empleó la siguiente expresión:

$$IGS = \frac{\text{Peso gonada}}{\text{Peso total} - \text{Peso gonada}} \times 100$$

Para determinar el IGS se filtró la base de datos, a fin de no considerar dentro del análisis a los ejemplares inmaduros (estadio I), hembras ovígeras ni ejemplares incompletos (ausencia de algunas patas o estructuras en regeneración). Este índice fue calculado solo para hembras, ya que no se disponía del peso de la gónada en machos. En el caso de los machos se utilizó la proporción de ejemplares en estadio de madurez III (madurez avanzada), bajo el supuesto de la existencia de una relación directa entre el IGS y la proporción de ejemplares en estadio III, que fue observada en hembras durante la elaboración del presente trabajo.

6.9. Talla media de desove

La talla media de desove se determinó mediante la curva de porcentaje acumulado del estadio desovante (Vazzoler, 1979), la cual fue relacionada con el ancho del cefalotórax (AC), y ajustado al modelo sigmoideal siguiente:

$$\% \text{ Desove} = \frac{1}{(1 + e^{(a + b \cdot AC)})}$$

Donde a y b son constantes; AC es el ancho del cefalotórax.

La talla en la cual el 50% de la población ha desovado se describió mediante la

ecuación:

$$AC_{50\%} = -a/b$$

6.10. Talla media de madurez morfométrica

Se estimó la talla media de madurez morfométrica a través de las diferencias relativas (crecimiento alométrico) existentes entre individuos inmaduros y maduros. Para ello se hizo uso de datos provenientes del monitoreo en estaciones fijas del Callao que realiza la Unidad de Investigaciones en Invertebrados Marinos (IMARPE), con la finalidad de disponer de datos de ejemplares más pequeños (< 60 mm AC).

El análisis se realizó solo en machos, esto debido a que no hay un sustento biológico en hembras del “cangrejo peludo”, que explique la utilidad del crecimiento alométrico de la quela en la reproducción. El procedimiento fue basado en el trabajo de Corgos y Freire (2006) con algunas modificaciones que se describen a continuación.

1) Se determinaron las medidas apropiadas a usar en el análisis (ACT, LDQ, AQD) a través de una simple regresión eligiendo el par de variables que presenta una mejor correlación; también se sometieron a un análisis de componentes principales (PCA), siendo elegidas las variables ACT y LQD que representaron el 86,45 y 9,57 % de la varianza, y que en conjunto explicarían el 96,0 % de la varianza.

2) Acorde a la relación establecida entre ambas variables, se asignó un grupo “maduro” o “inmaduro” a cada ejemplar a través del uso de un análisis de Cluster no jerárquicos, con la finalidad de separar los datos en dos grupos, minimizando la varianza dentro de cada grupo y maximizando la varianza entre grupos, para tener una idea clara de donde se podría ubicar el punto de transición entre ejemplares

inmaduros y maduros.

3) Se delimitó el posible punto de transición considerando a los individuos con un ACT < 90 mm como inmaduros, a los ejemplares con un ACT > 125 mm como maduros, y a los ejemplares que se encontraron entre los 90 y 125 mm ACT se les consideró como una mezcla entre ambos grupos (periodo de transición entre inmaduro y maduro).

Una vez establecidos estos tres grupos, se procedió a realizar un Análisis de Función Discriminante (DFA), herramienta que permitió colocar a cada ejemplar dentro de un determinado grupo considerando la función lineal existente entre el crecimiento somático y el crecimiento de la quela en maduros e inmaduros.

Establecida la pertenencia, se ajustaron los datos del tercer grupo (ejemplares entre los 90 y 125 mm ACT) a la función logística, a fin de establecer la talla media de madurez morfométrica. El punto de transición entre ambos grupos se consideró como la talla a la cual el 50 % de los ejemplares se encuentran maduros.

6.11. Tasa intrínseca de mortalidad total (Z)

El paquete FISAT II fue usado para estimar la mortalidad total (Z) a través de la conversión de la estructura de tallas a la captura (Length-converted catch curve), usando como datos de entrada, la estructura por tallas empleada en la estimación de los parámetros de crecimiento. Esta herramienta provee dos opciones, la primera asume que el crecimiento del organismo no es estacional, en este caso la mortalidad va a estar dada por el logaritmo natural del número de individuos presente en la clase "i" (i=1, 2, 3 ...) dividido entre el tiempo necesario para que el organismo crezca lo equivalente a la amplitud del intervalo de clase versus su correspondiente edad relativa; el valor de Z es calculado mediante la regresión aplicada al descenso hacia la derecha de la curva de captura.

La segunda opción asume que el crecimiento presenta estacionalidad, en este caso la mortalidad va a estar determinada por el logaritmo natural del número de individuos presente en una (pseudo) cohorte “cortado” por medio de sucesivas curvas de crecimiento versus la edad relativa del individuo en la pseudocohorte. El valor de Z se obtiene de igual forma que en la primera opción. Para el presente estudio se usó la segunda opción, debido a que se disponía de los valores de C y WP estimados previamente.

6.12. Tasa intrínseca de mortalidad natural (M)

Brey (1999a; b) demostró que incluso cuando un organismo no presenta un crecimiento que sigue al modelo de Von Bertalanffy o el modelo de crecimiento es desconocido, los valores de Z y P/B (índice de producción por biomasa) están linealmente relacionados en poblaciones explotadas de invertebrados bentónicos. Por lo tanto, para estimar la mortalidad natural, Brey (2001) establece dos relaciones empíricas para hallar el valor de M si el valor P/B es conocido. Cuando el crecimiento del organismo se ajusta al modelo de Von Bertalanffy, siendo éste el caso del presente estudio, se asume:

$$M = P/B$$

Por lo contrario, cuando el crecimiento no se ajusta al modelo de Von Bertalanffy se tiene que:

$$M = 0,082 + 0,925 * P/B$$

En el segundo caso, el modelo puede ser no valido para poblaciones muy explotadas.

La estimación de la mortalidad se realizó por año y por sexo, estimando el valor de P/B mediante las hojas de cálculos de libre disponibilidad elaboradas por Brey (2001).

6.13. Tasa instantánea de mortalidad por pesca (F) y tasa de explotación (E)

La tasa de mortalidad por pesca (F) y la tasa de explotación (E) fueron estimados mediante las siguientes ecuaciones:

$$F = Z - M \quad \text{y} \quad E = F/Z$$

6.14. Pesquería

Los datos sobre la pesquería del recurso se obtuvieron a través del observador de IMARPE en el muelle artesanal del Callao, quien recopila los datos de captura por especies, zonas de pesca, número de embarcaciones, etc., con una frecuencia diaria. Se analizaron los desembarques comerciales del “cangrejo peludo” procedente del área de pesca del Callao, a fin de conocer las variaciones en su extracción e índices de abundancia a través de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y fueron comparados con la anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM), a fin de determinar una relación entre el CPUE y un indicador ambiental.

7. Resultados

7.1. Estructura por tallas

Durante el periodo de estudio, el “cangrejo peludo” presentó un rango de tallas de 63,4 a 186,19 mm con una media de 120,56 mm en machos, y de 72,0 a 172,2 mm con una media de 108,52 mm en hembras (Tabla 1).

Tabla 1. Estadísticos anuales para *Cancer setosus* en el área del Callao durante el periodo 2006 – 2008

Año	Sexo	Media	Desv. Std	N	Mínimo	Máximo
2006	Macho	115,59	13,93	889	72,5	170,1
	Hembra	104,51	13,32	497	72	142,5
2007	Macho	123,88	15,84	960	63,4	186,19
	Hembra	112,87	15,16	644	78,75	172,2
2008	Macho	121,84	14,12	951	79	158
	Hembra	107,19	14,46	612	74	142
Total	Macho	120,56	15,08	2800	63,4	186,19
	Hembra	108,52	14,82	1753	72	172,2

Se hallaron diferencias significativas entre las longitudes medias calculadas entre machos y hembras a través de la aplicación de Mann-Whitney-Wilcoxon Test (p-value < 2.2e-16). En el análisis anual, los ejemplares con mayor AC se registraron en el 2007 para ambos sexos, presentando una estructura polimodal con dos a cuatro modas establecidas por la rutina de Battacharya. La incidencia de ejemplares menores a la talla mínima de extracción (110 mm de ancho de caparazón) tuvo un valor medio de 50,4 % para el total de la muestra, observándose el máximo valor en el 2006 con 62,8 % de incidencia, y el mínimo durante el 2007 con 43,2 % de incidencia. (Fig. 1).

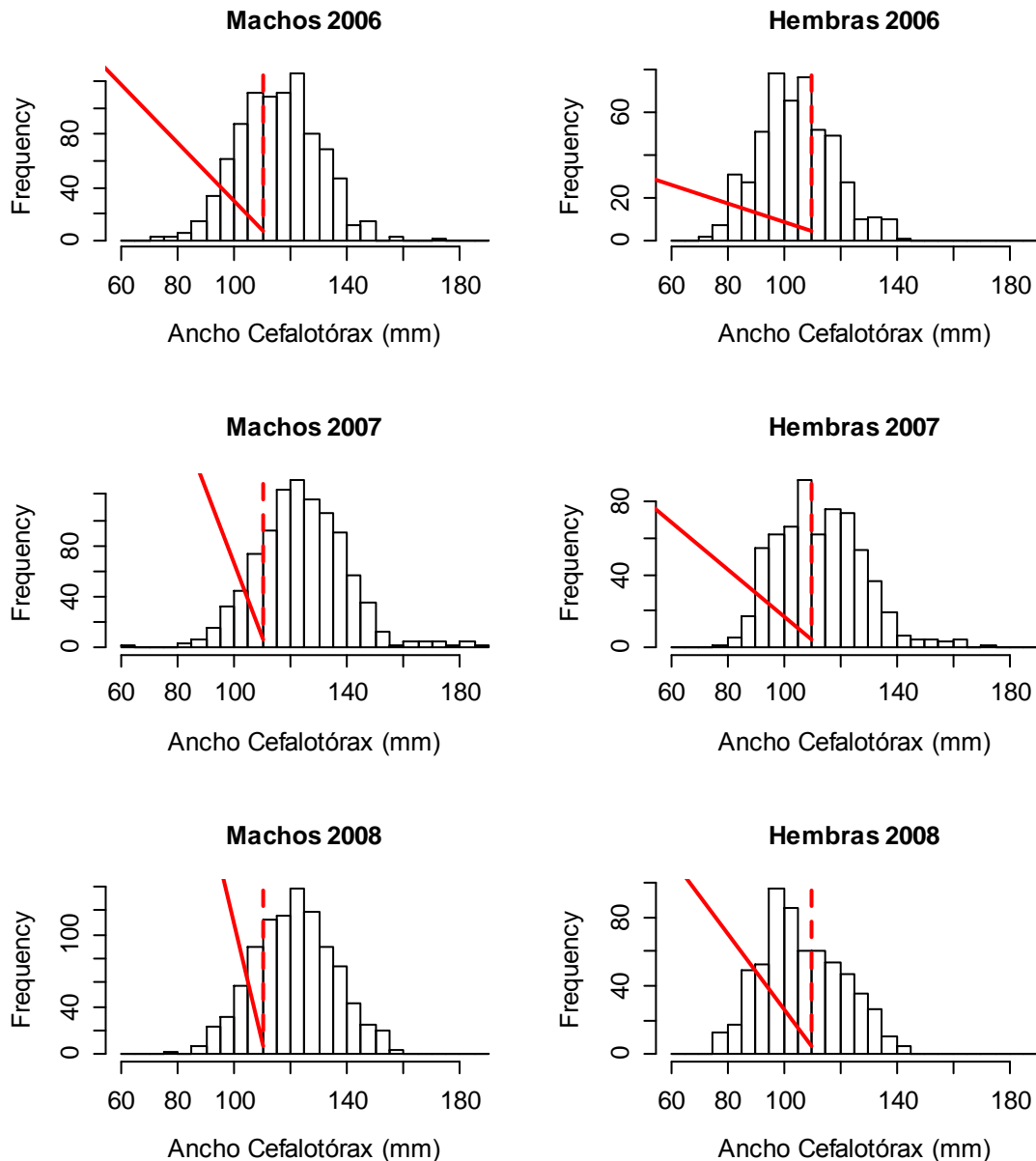


Figura 1. Estructura de tallas de machos y hembras *Cancer setosus* en el área del Callao durante el periodo 2006 — 2008 (Línea punteada roja: talla mínima de extracción).

7.2. Proporción sexual

Del total de ejemplares estudiados, el 61,5 % correspondió a machos y el 38,5 % a hembras, manteniéndose esta tendencia en los promedios anuales. Sin embargo, se observaron diferencias en las proporciones por sexos mensuales los cuales fluctuaron entre 46,2 % y 83,3 % en machos, y de 17,0 % a 53,8 % en hembras (Tabla 2). La

proporción sexual fue de 1 : 1 durante los meses de abril y julio del 2006 y esta proporción se mantuvo en junio – setiembre y diciembre del 2007, así como en marzo – abril, junio – julio y setiembre del 2008; mientras que en los demás meses del año fue significativamente diferente.

Estos resultados permiten afirmar que el cangrejo peludo presenta diferencias en la proporción sexual en las capturas comerciales, siendo los más frecuentes los ejemplares machos debido a su mayor tamaño y rendimiento en peso.

Tabla 2. Proporción sexual mensual de *Cancer setosus* en el área del Callao durante 2006 – 2008.

Año	Mes	N	Machos (%)	Hembras (%)	(χ^2)	Significancia
2006		1386	64,1	35,9	110,9	*
	Febrero	95	71,6	28,4	17,7	*
	Marzo	196	59,2	40,8	6,6	*
	Abril	148	49,3	50,7	0,0	ns
	Mayo	180	58,9	41,1	5,7	*
	Junio	204	65,7	34,3	20,1	*
	Julio	95	53,7	46,3	0,5	ns
	Agosto	143	65,0	35,0	12,9	*
	Septiembre	99	70,7	29,3	17,0	*
	Octubre	47	76,6	23,4	13,3	*
	Noviembre	60	80,0	20,0	21,6	*
	Diciembre	119	79,0	21,0	40,0	*
2007		1604	59,9	40,1	62,25	*
	Febrero	170	65,3	34,7	15,91	*
	Marzo	143	68,5	31,5	19,64	*
	Abril	191	60,2	39,8	7,96	*
	Mayo	144	70,1	29,9	23,36	*
	Junio	46	56,5	43,5	0,78	ns
	Julio	226	50,4	49,6	0,02	ns
	Agosto	109	57,8	42,2	2,65	ns
	Septiembre	191	49,7	50,3	0,01	ns
	Octubre	144	59,7	40,3	5,44	*
	Noviembre	136	75,7	24,3	36,03	*
	Diciembre	104	46,2	53,8	0,62	ns
2008		1563	60,8	39,2	73,5	*
	Febrero	195	58,5	41,5	5,6	*
	Marzo	191	57,1	42,9	3,8	ns
	Abril	202	52,5	47,5	0,5	ns
	Mayo	112	83,0	17,0	48,9	*
	Junio	194	46,4	53,6	1,0	ns
	Julio	146	47,3	52,7	0,4	ns
	Agosto	145	58,6	41,4	4,3	*
	Septiembre	141	56,7	43,3	2,6	ns
	Octubre	143	78,3	21,7	45,9	*
Total		4553	61,5	38,5	240,8	*

ns: No hay diferencia significativa.

*: Existe diferencia significativa a un nivel de significancia del 95%.

En los meses de enero no se realizaron muestreos debidos a limitaciones logísticas.

7.3. Relación Longitud – Peso y factor de condición (k)

La relación longitud — peso obtenidas para el periodo de estudio indica un crecimiento isométrico del “cangrejo peludo” en ambos sexos, cuyas ecuaciones fueron las siguientes:

Machos:

$$\text{Peso total} = 0,0001 * AC^{3,10}$$

Hembras:

$$\text{Peso total} = 0,0006 * AC^{2,77}$$

La estimación mensual de los parámetros de la relación longitud – peso se muestran en las tablas 3 y 4, donde los valores del factor de alometría (b) en machos por lo general se mantienen por encima de 3, mientras en el caso de hembras no logran superar este valor, debido posiblemente a que la condición corporal disminuye a medida que aumentan en longitud, caso contrario ocurre en machos. La representación gráfica de la relación longitud – peso por sexos se muestra en la figura 2.

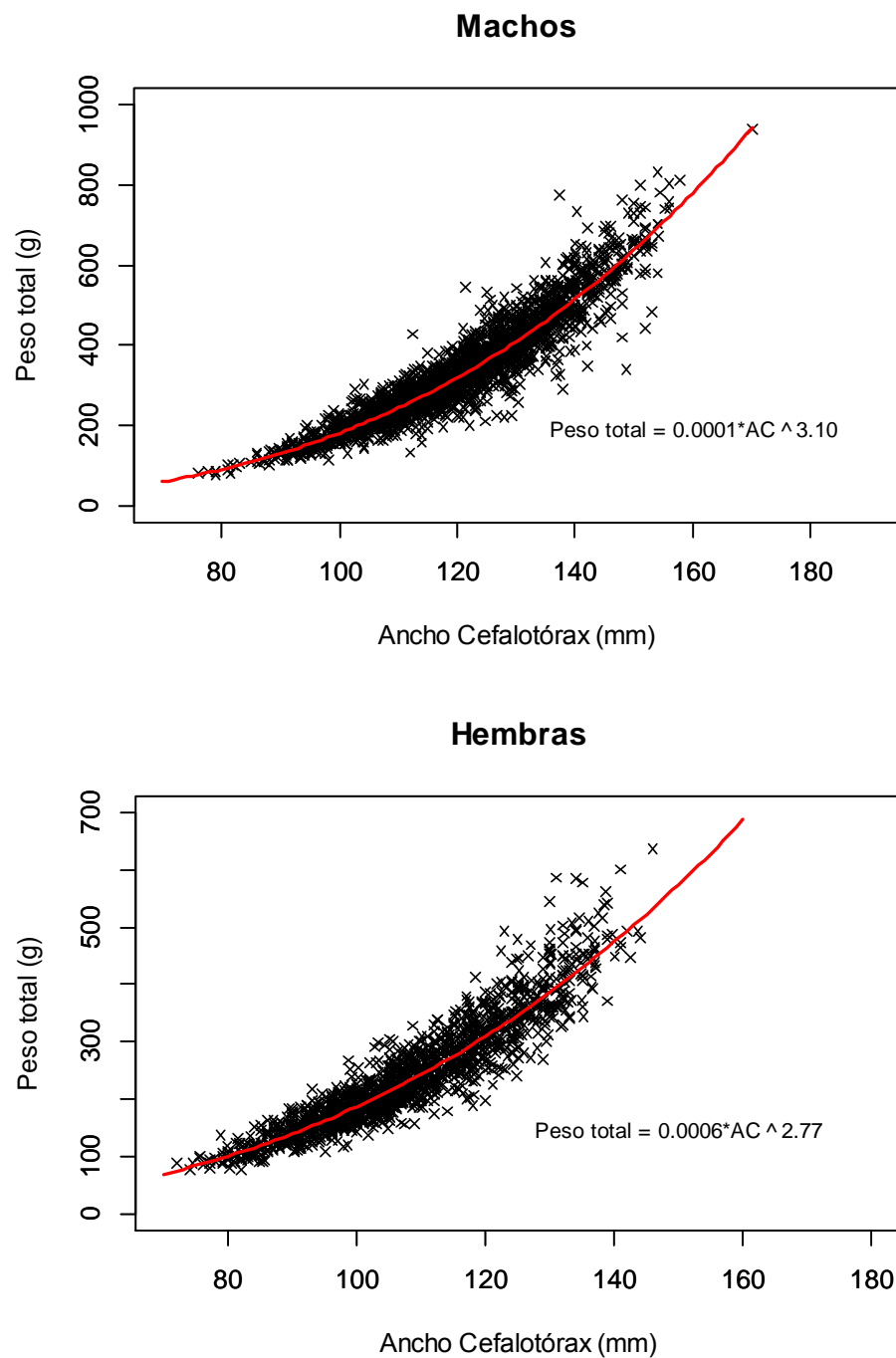


Figura 2. Relación longitud — peso total en machos y hembras de cangrejo peludo *Cancer setosus* en el área del Callao durante el periodo 2006 — 2008.

Tabla 3. Resultados del análisis de regresión de la relación longitud–peso en machos de “cangrejo peludo” *Cancer setosus* durante el periodo 2006–2008.

Año	Mes	n	R2 ajustado	Ln(a)	a	b	FC (k)
2006		716	0,890	-8,6743	0,00017	3,02	0,00017 ± 0,00002
	Febrero	55	0,897	-8,2365	0,00026	2,93	0,00027 ± 0,00003
	Marzo	96	0,878	-7,2491	0,00071	2,73	0,00072 ± 0,00008
	Abril	52	0,847	-7,8681	0,00038	2,85	0,00039 ± 0,00005
	Mayo	78	0,809	-7,4602	0,00058	2,76	0,00058 ± 0,00009
	Junio	108	0,918	-9,1987	0,00010	3,13	0,0001 ± 0,00001
	Julio	43	0,856	-9,6649	0,00006	3,22	0,00006 ± 0,00001
	Agosto	77	0,889	-9,6243	0,00007	3,20	0,00007 ± 0,00001
	Septiembre	58	0,861	-9,4814	0,00008	3,17	0,00008 ± 0,00001
	Octubre	29	0,869	-10,6979	0,00002	3,43	0,00003 ± 0
	Noviembre	44	0,869	-8,1835	0,00028	2,93	0,00028 ± 0,00002
	Diciembre	76	0,881	-7,1546	0,00078	2,71	0,00078 ± 0,00007
2007		771	0,898	-9,6459	0,00006	3,21	0,00007 ± 0,00001
	Febrero	99	0,828	-9,2107	0,00010	3,12	0,0001 ± 0,00001
	Marzo	82	0,858	-10,4109	0,00003	3,38	0,00003 ± 0
	Abril	92	0,904	-11,0920	0,00002	3,51	0,00002 ± 0
	Mayo	82	0,863	-9,8189	0,00005	3,25	0,00005 ± 0,00001
	Junio	21	0,872	-8,5669	0,00019	2,99	0,00019 ± 0,00002
	Julio	95	0,867	-9,6618	0,00006	3,21	0,00006 ± 0,00001
	Agosto	52	0,856	-9,2743	0,00009	3,14	0,00009 ± 0,00001
	Septiembre	76	0,919	-9,9153	0,00005	3,27	0,00005 ± 0,00001
	Octubre	53	0,900	-9,2852	0,00009	3,14	0,00009 ± 0,00001
	Noviembre	79	0,856	-8,7472	0,00016	3,03	0,00016 ± 0,00002
	Diciembre	40	0,933	-8,3117	0,00025	2,94	0,00025 ± 0,00003
2008		818	0,894	-9,2247	0,00010	3,13	0,0001 ± 0,00001
	Febrero	94	0,857	-8,1329	0,00029	2,93	0,0003 ± 0,00003
	Marzo	103	0,906	-9,7489	0,00006	3,25	0,00006 ± 0,00001
	Abril	98	0,925	-9,4790	0,00008	3,19	0,00008 ± 0,00001
	Mayo	86	0,894	-10,1867	0,00004	3,35	0,00004 ± 0
	Junio	73	0,806	-9,2918	0,00009	3,14	0,00009 ± 0,00002
	Julio	57	0,848	-9,8523	0,00005	3,25	0,00001 ± 0,00001
	Agosto	69	0,903	-8,7916	0,00015	3,03	0,00015 ± 0,00001
	Septiembre	75	0,862	-8,7724	0,00015	3,04	0,00016 ± 0,00002
	Octubre	89	0,937	-10,1509	0,00004	3,33	0,00004 ± 0
	Noviembre	74	0,854	-7,5920	0,00050	2,78	0,00051 ± 0,00005
Total		2305	0,896	-9,0878	0,00011	3,10	0,00018 ± 0,00002

95% de confianza.

En los meses de enero no se realizaron muestreos debidos a limitaciones logísticas.

Tabla 4. Resultados del análisis de regresión de la relación longitud–peso en hembras de “cangrejo peludo” *Cancer setosus* durante el periodo 2006–2008.

Año	Mes	n	R2 ajustado	Ln(a)	a	b	FC (k)
2006		415	0,882	-7,6247	0,00049	2,79	0,00049 ± 0,00006
	Febrero	22	0,863	-6,1857	0,00206	2,50	0,00207 ± 0,00025
	Marzo	64	0,863	-6,5212	0,00147	2,56	0,00148 ± 0,00019
	Abril	71	0,808	-7,4093	0,00061	2,76	0,00061 ± 0,00008
	Mayo	62	0,947	-7,5877	0,00051	2,79	0,00051 ± 0,00005
	Junio	58	0,889	-7,4619	0,00057	2,75	0,00058 ± 0,00007
	Julio	34	0,907	-8,5707	0,00019	2,99	0,00019 ± 0,00003
	Agosto	34	0,829	-7,8375	0,00039	2,82	0,0004 ± 0,00005
	Septiembre	25	0,592	-3,9020	0,02020	1,98	0,00018 ± 0,00003*
	Octubre	11	0,432	-4,3837	0,01248	2,09	0,00019 ± 0,00002*
	Noviembre	11	0,714	-7,3485	0,00064	2,75	0,00065 ± 0,00007
	Diciembre	23	0,735	-7,6509	0,00048	2,80	0,00048 ± 0,00007
2007		547	0,866	-7,6576	0,00047	2,80	0,00048 ± 0,00006
	Febrero	56	0,869	-7,4490	0,00058	2,75	0,00059 ± 0,00006
	Marzo	42	0,823	-6,1834	0,00206	2,48	0,00207 ± 0,00017
	Abril	65	0,845	-6,1329	0,00217	2,46	0,00218 ± 0,00024
	Mayo	41	0,794	-6,5787	0,00139	2,56	0,0014 ± 0,00016
	Junio	17	0,942	-9,1934	0,00010	3,10	0,0001 ± 0,00001
	Julio	94	0,825	-6,9261	0,00098	2,64	0,00099 ± 0,00014
	Agosto	38	0,848	-6,7551	0,00116	2,60	0,00118 ± 0,00019
	Septiembre	81	0,897	-8,3222	0,00024	2,94	0,00024 ± 0,00003
	Octubre	35	0,625	-7,0367	0,00088	2,69	0,00089 ± 0,00014
	Noviembre	27	0,849	-7,2246	0,00073	2,71	0,00073 ± 0,00008
	Diciembre	51	0,877	-8,4760	0,00021	2,98	0,00021 ± 0,00002
2008		570	0,882	-7,3664	0,00063	2,74	0,00064 ± 0,00009
	Febrero	77	0,851	-6,8420	0,00107	2,65	0,00108 ± 0,00014
	Marzo	79	0,886	-7,6256	0,00049	2,79	0,00049 ± 0,00006
	Abril	87	0,897	-7,7892	0,00041	2,82	0,00042 ± 0,00005
	Mayo	15	0,424	-6,3933	0,00167	2,53	0,00169 ± 0,00024
	Junio	97	0,832	-6,8420	0,00107	2,62	0,00108 ± 0,00014
	Julio	74	0,885	-7,7982	0,00041	2,82	0,00041 ± 0,00005
	Agosto	56	0,845	-7,5167	0,00054	2,76	0,00055 ± 0,00006
	Septiembre	56	0,911	-8,2957	0,00025	2,93	0,00025 ± 0,00002
	Octubre	29	0,844	-7,6880	0,00046	2,81	0,00046 ± 0,00007
Total		1532	0,881	-7,5078	0,00055	2,77	0,00091 ± 0,00013

95% de confianza.

En los meses de enero no se realizaron muestreos debidos a limitaciones logísticas.

* Alta dispersión en los datos, se consideró $\beta=3$.

El factor de condición (k) se derivó de la relación longitud–peso, y varió de 0,00001 a 0,00078 en machos, y de 0,0001 a 0,0022 en hembras. Los mayores valores del factor de condición en machos fueron observados entre noviembre y febrero (verano), y excepcionalmente se amplió hasta mayo (verano-otoño) en el 2006, posiblemente

relacionado a la disponibilidad de alimento y al ciclo reproductivo (Figura 3). En hembras, los mayores valores fueron observados a inicios de cada año, mostrando picos simultáneos con una tendencia negativa, lo que mostraría un gasto de energía gradual empleada en la reproducción, el cuidado y aireación de los huevos.

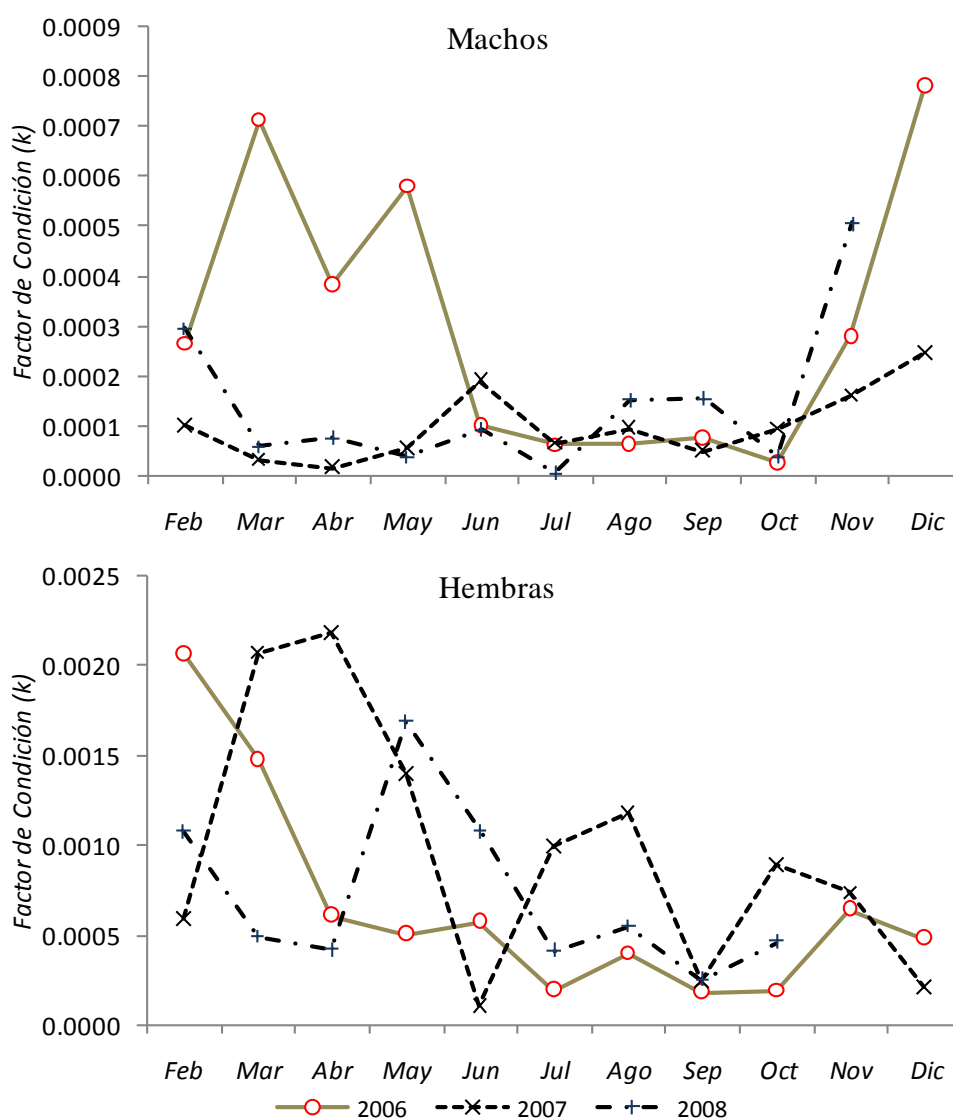


Figura 3. Variación mensual del factor de condición del cangrejo peludo *Cancer setosus* durante el periodo 2006 — 2008 en el área del Callao.

7.4. Madurez sexual e Índice gónadosomático (IGS)

El análisis del IGS en hembras varió entre 1,28 y 6,48 %, tal como se muestra en la Tabla 5. El comportamiento del IGS presentó un alza durante el invierno e inicios de primavera, disminuyendo posteriormente, comportamiento que fue visualizado en todos los años de estudio; se puede observar también un pico de mucha menor intensidad a fines de verano y mediados de otoño (Figura 4).

Tabla 5. Índice gónadosomático (IGS) por años y por meses para hembras del “cangrejo peludo” *Cancer setosus* durante el periodo 2006 — 2008.

Mes	IGS		
	2006	2007	2008
Total	2,659 ± 3,308	2,913 ± 3,485	3,009 ± 3,713
Febrero	1,770 ± 2,128	1,495 ± 1,763	1,784 ± 3,275
Marzo	1,644 ± 2,412	2,553 ± 3,547	1,985 ± 2,829
Abril	2,973 ± 3,551	3,001 ± 3,569	2,468 ± 2,918
Mayo	2,297 ± 3,005	2,214 ± 2,493	1,287 ± 1,250
Junio	2,309 ± 3,366	6,478 ± 3,689	3,863 ± 4,437
Julio	4,720 ± 4,253	3,217 ± 3,666	4,486 ± 4,158
Agosto	3,530 ± 3,311	3,406 ± 3,104	3,255 ± 3,402
Setiembre	4,232 ± 4,299	3,305 ± 4,213	3,232 ± 3,578
Octubre	1,876 ± 1,733	3,227 ± 3,862	4,132 ± 4,840
Noviembre	1,940 ± 1,949	2,318 ± 2,930	-
Diciembre	1,476 ± 2,013	2,144 ± 2,569	-
Total general	2,874 ± 3,519		

En machos se observa que la proporción de ejemplares en estadios III alcanza los valores más altos durante otoño – invierno, hecho que no fue visualizado para el 2007 donde la proporción de machos en estadio III alcanza los valores más bajos.

En la mayoría de meses estudiados, se encontraron representantes de los diferentes estadios de madurez sexual, lo que da a entender que esta especie se reproduce durante todo el año con la presencia de dos picos principales, uno en verano y el otro en primavera, evento que no se refleja bien en la Figura 4 y 5. Además, se puede observar una relación directa entre el IGS y el estadio de madurez III el cual, según

sus características de turgencia y mayor desarrollo de las gónadas, aporta con mayor intensidad al valor del IGS.

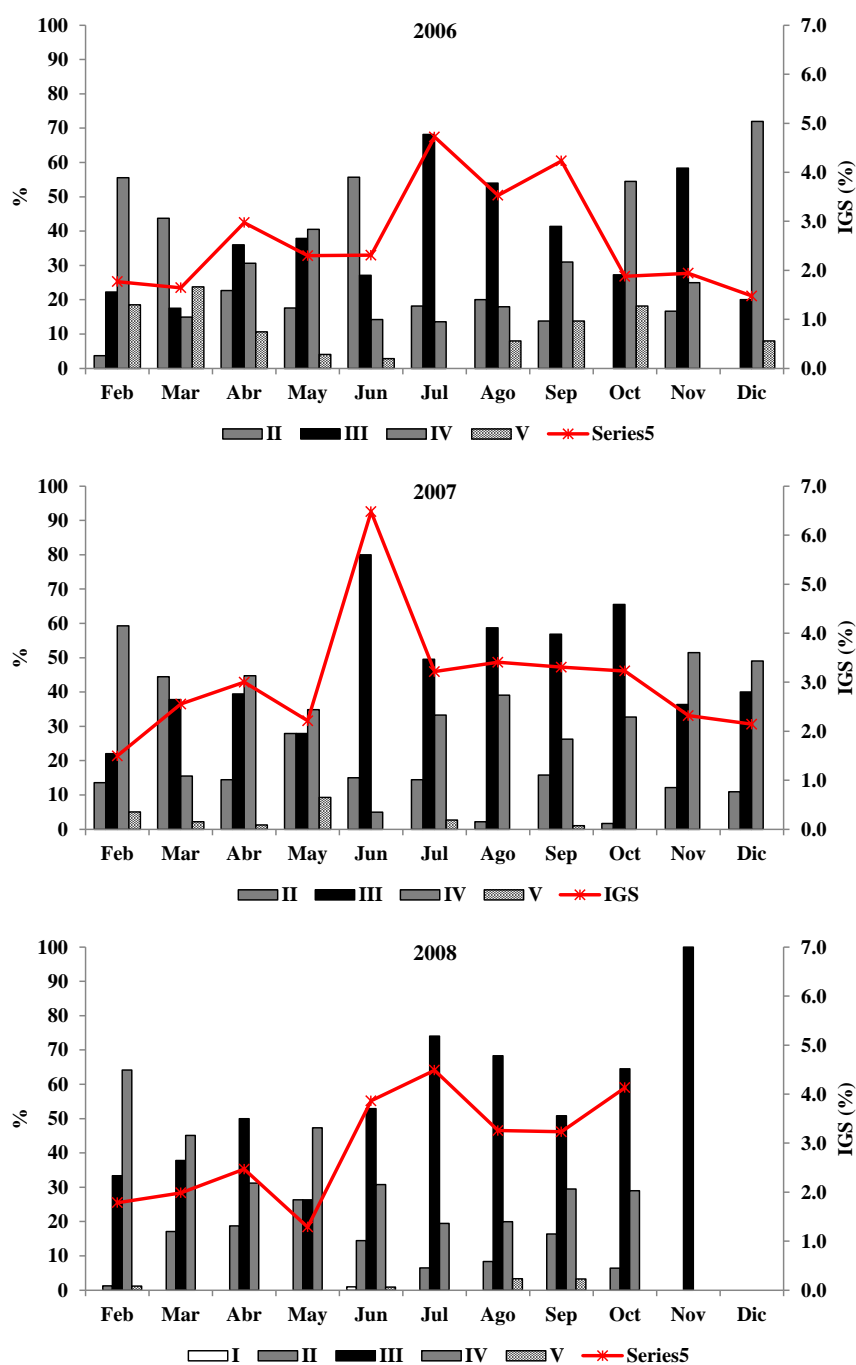


Figura 4. Variación del índice gónadosomático y estructura de los estadios de madurez sexual por meses en hembras de “cangrejo peludo” *Cancer setosus* en el área del Callao durante el periodo 2006—2008.

Es notoria la relación inversa existente entre la variación del IGS y el factor de condición estimados (ver Figura 5), a medida que los valores del IGS se reducen

paulatinamente, la condición corporal, representada por el factor de condición, se ve incrementada, lo mismo sucede en cuanto a la relación entre los ejemplares en estadio de madurez III (grupo de mayor aporte sobre los valores del IGS para esta especie) (ver Figura 6) y el factor de condición. Además, se observa la asincronía entre la evacuación y desove, sucediendo en otoño – invierno y primavera – verano respectivamente, esta asincronía se discutirá con mayor detalle más adelante en la sección de Discusión.

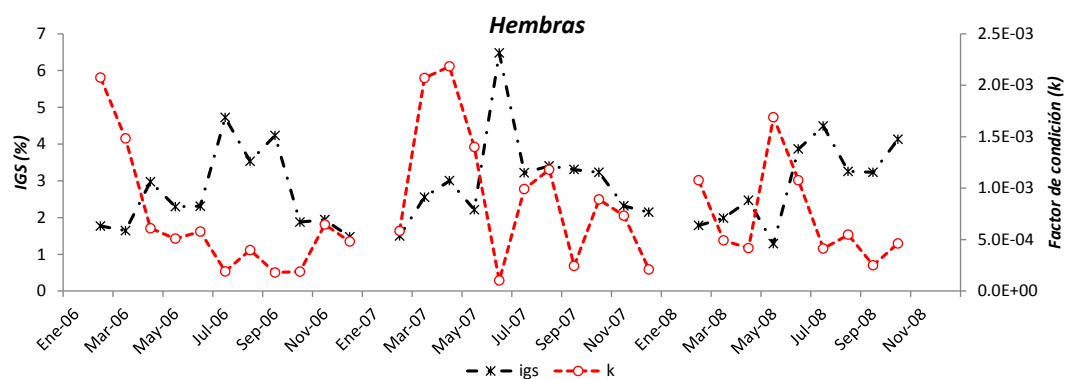


Figura 5. Variación mensual del IGS vs Factor de Condición (k) en hembras del “cangrejo peludo” *Cancer setosus*, durante el periodo 2006 — 2008.

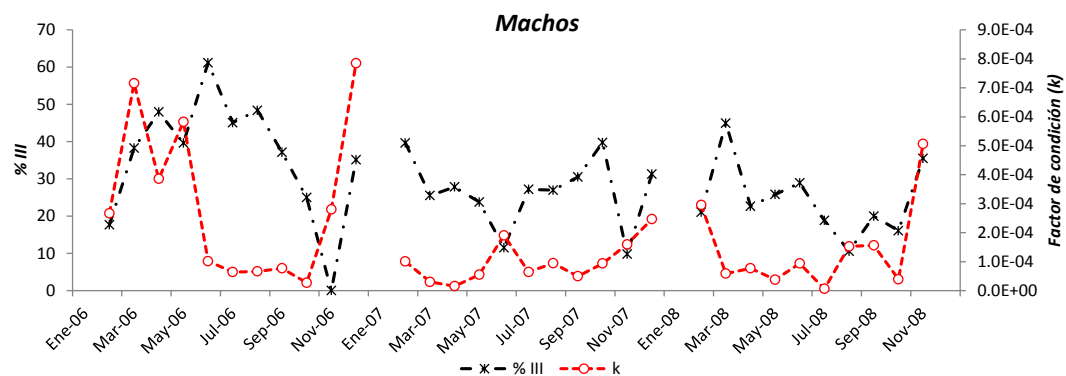


Figura 6. Variación mensual de % III vs Factor de Condición (k) en machos del “cangrejo peludo” *Cancer setosus*, durante el periodo 2006 — 2008.

7.5. Talla media de desove (TMD))

La talla media de desove estuvo comprendida entre 101,89 y 112,63 mm AC en hembras, mientras que en machos la talla media de evacuación varió entre 116,05 y 127,08 mm AC. En ambos casos, la mayor TMD se obtuvo en el año 2007, en el cual se registró el mayor IGS, observándose diferencias relativas entre año y año (Tabla 6), en base a los datos disponibles no se pudo realizar un análisis más concreto al respecto de esta diferencia, ya que podrían deberse a factores ambientales o también al tipo de muestra analizada. La TMD total fue de 107,4 en hembras y 122,48 mm AC en machos (Figura 7).

Tabla 6. Talla media de desove (TMD) y talla media de evacuación (TME) anual del “cangrejo peludo” *Cancer setosus* en el área del Callao, durante el periodo 2006 – 2008.

Sexo	Año	TMD - TME (mm)	TMD - TME total (mm)
Machos	2006	116,05	122,48
	2007	127,08	
	2008	122,65	
Hembras	2006	101,89	107,40
	2007	112,63	
	2008	105,23	

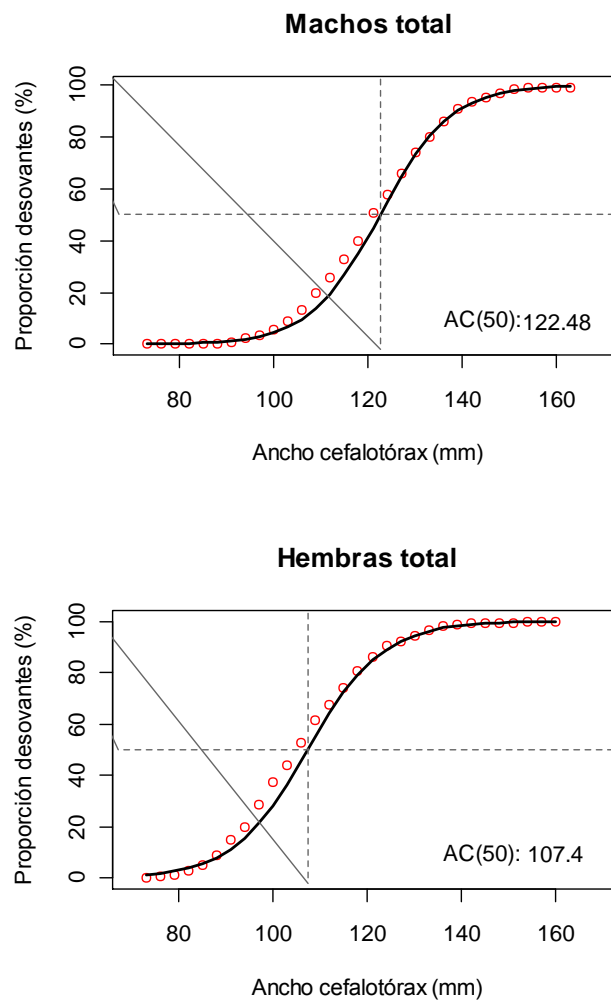


Figura 7. Talla media de evacuación en machos y de desove en hembras de “cangrejo peludo” *Cancer setosus* en el área del Callao durante el periodo 2006 — 2008.

7.6. Talla media de madurez morfométrica

La talla media de madurez morfométrica fue estimada solo en machos y, se obtuvo un valor de 120,48 mm AC, tal como se muestra en la Figura 8 donde la proporción de ejemplares maduros se ajusta a la función logística, y además se muestra ambos grupos identificados, maduros e inmaduros, con su respectiva relación lineal.

Se muestra además la relación lineal entre el ACT y LQD para ambos grupos, donde se puede visualizar el punto de transición entre los mismos (Figura 9). De esta forma

se puede diferenciar claramente que los ejemplares menores a 120 mm de ancho de cefalotórax, se consideran inmaduros morfométricamente, debido a que el individuo no tendría la suficiente capacidad de realizar un acoplamiento exitoso y por lo tanto, estaría en desventaja en comparación a machos de mayor tamaño. La fracción madura están conformada por los ejemplares mayores de 120 mm de ACT.

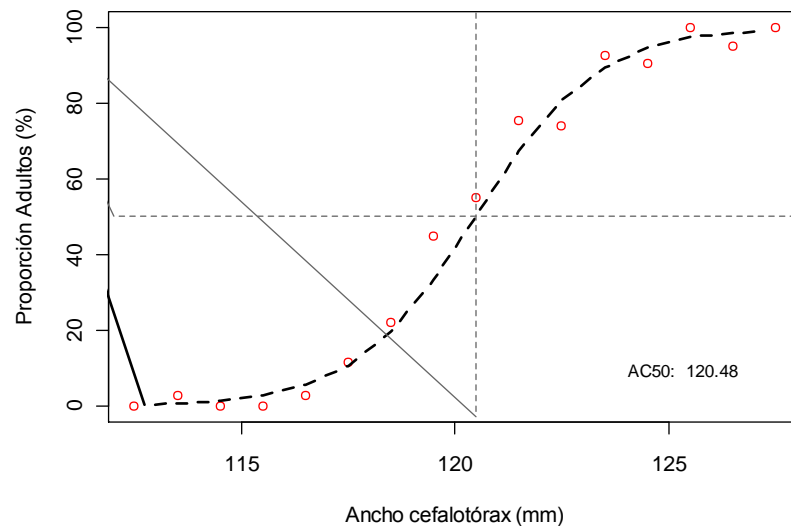


Figura 8. Talla media de madurez morfométrica para ejemplares machos de “cangrejo peludo” *Cancer setosus* en el área del Callao durante el periodo 2006—2008.

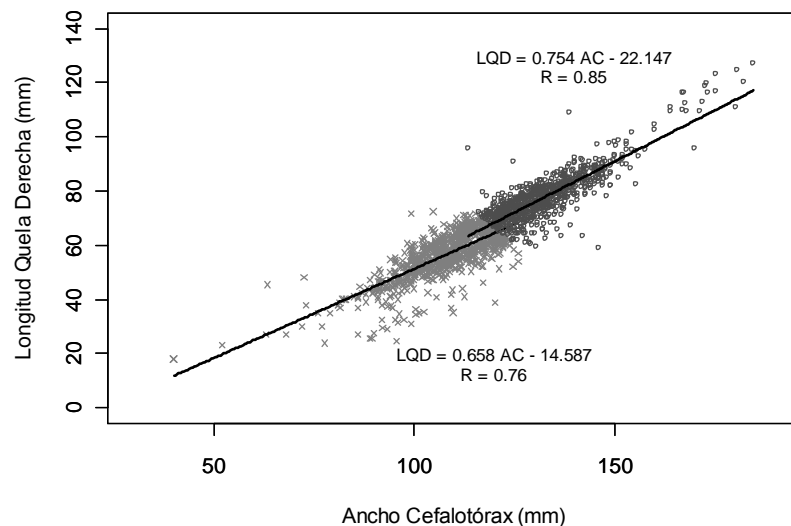


Figura 9. Relación lineal entre el Ancho del Cefalotórax (ACT) y la Longitud de la Quela Derecha (LQD) en ejemplares machos de “cangrejo peludo” *Cancer setosus* en el área del Callao durante el periodo 2006—2008.

7.7. Crecimiento

Se evidencian algunas diferencias en el crecimiento por sexos, los machos alcanzan las mayores tallas ($L_{\infty} = 204.1$) y crecen a mayor velocidad ($K = 0.56$), mientras las hembras son de tallas menores ($L_{\infty} = 194.1$) y de menor velocidad de crecimiento ($K = 0.52$). La amplitud de crecimiento estacional (C) muestra un incremento de 21% y 28% en machos y hembras respectivamente durante la temporada de mayor crecimiento. El Winter Point (WP) o época de menor crecimiento se daría durante los meses de abril y mayo. Los valores del índice ϕ fueron de 9,88 y 10,06, que se encuentran en los márgenes reportados para esta especie.

Los parámetros de crecimiento estimados en el presente estudio se visualizan en la tabla 7, y se observa que los resultados no distan mucho de los estimados para otras latitudes.

Tabla 7. Parámetros de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy calculados para el “cangrejo peludo” *Cancer setosus* durante el periodo 2006 — 2008 comparado con valores estimados en estudios en la misma especie. Ecuación de crecimiento estacionalizada para el área del Callao durante el periodo 2006 — 2008.

Sexo	L_{∞}	k	C	WP	t_0	$\Phi (\phi)$	Referencia
Macho	198,00	0,54	0,4	0,6	0,25	9,96	Wolff, 1992
Hembra	160,50	0,57	0,4	0,6	0,25	9,59	
Macho	141,13	0,57	-	-	0,75	9,34	Merino, 1995
Hembra	131,00	0,47	-	-	0,63	9,00	
Macho	204,09	0,56	0,21	0,4	-	10,06	Presente estudio
Hembra	194,14	0,52	0,28	0,48	-	9,88	
Machos							
$L_t = 204,09 * [1 - e^{-0,56(t)-(0,40*0,56/2\pi)*sen(2\pi*(t-0,7))}]$							
Hembras							
$L_t = 194,14 * [1 - e^{-0,52(t)-(0,48*0,52/2\pi)*sen(2\pi*(t-0,98))}]$							

7.8. Mortalidad

Durante el periodo de estudio, la mortalidad total (Z) estimada de la curva de captura en machos fluctuó de 3,25 a 3,61 observándose la mayor mortalidad durante el 2008, mientras que en hembras varió entre 2,6 y 3,0 registrándose la mayor mortalidad durante el 2007 (Tabla 8). La mortalidad total en machos fue mayor al de las hembras, durante el periodo de estudio debido principalmente a la mayor presión de pesca ejercida sobre este grupo.

Tabla 8. Estimaciones de las tasas instantáneas de mortalidad total (Z) a través de la rutina *Length-converted Catch Curve* para el “cangrejo peludo” *Cancer setosus* durante el periodo 2006 — 2008 en el área del Callao.

Año	Sexo	Z	Intervalo de confianza		R
			Inferior	Superior	
2006	Macho	3,25	2,88	3,63	0,99
	Hembra	2,60	2,01	3,19	0,96
2007	Macho	3,32	2,96	3,67	0,99
	Hembra	3,00	2,31	3,69	0,93
2008	Macho	3,61	2,90	4,31	0,96
	Hembra	2,70	2,25	3,14	0,97

La mortalidad natural (M) fue estimada en 1,09 en machos y 1,06 en hembras, esta mortalidad se consideró constante durante todo el periodo de estudio por no encontrarse diferencia notable entre año y año con respecto a las variaciones de la temperatura superficial del mar que pudieran ser ocasionadas por eventos extraordinarios. La mortalidad por pesca (F) en machos varió de 2,07 a 2,53 año⁻¹ y en hembras, de 1,48 a 2,06 año⁻¹. La tasa de explotación (E) fue estimada entre 0,64 – 0,70 en machos y entre 0,57 – 0,69 en hembras (Tabla 9).

Tabla 9. Estimaciones de la tasa instantánea de mortalidad natural (M), por pesca (F) y la tasa de explotación (E) para al “cangrejo peludo” *Cancer setosus* durante el periodo 2006 — 2008 en el área del Callao.

Año	Sexo	P/B = M	F	E
2006	Macho	1,18	2,07	0,64
	Hembra	1,13	1,48	0,57
2007	Macho	1,01	2,31	0,69
	Hembra	0,94	2,06	0,69
2008	Macho	1,08	2,53	0,70
	Hembra	1,12	1,59	0,59
Promedio	Macho	1,09	2,30	0,68
	Hembra	1,06	1,71	0,62

7.9. Pesquería

Durante el 2006 se registró el mayor desembarque, con un total de 33 305 kg, una media de 2 775,4 kg mes⁻¹ y un esfuerzo promedio de 57 viajes. En el 2007, el desembarque fue de 22 326 kg, con una media de 1 860,5 kg mes⁻¹ y un esfuerzo promedio de 43 viajes mes⁻¹. En el 2008, el desembarque total fue 25 328 kg, con un promedio de 2 111 kg mes⁻¹ y un esfuerzo promedio de 50 viajes mes⁻¹. El CPUE más alto se registró para el año 2006 (48,7 kg viaje⁻¹), seguido por el 2007 (43,6 kg viaje⁻¹) y el menor en el 2008 (42,3 kg viaje⁻¹).

La captura y el esfuerzo presentan sus valores más altos en las estaciones de verano-otoño, observándose el mismo patrón durante todos los años. La variación del CPUE muestra una relación directa con las variaciones de la captura y el esfuerzo, lo que podría indicar una abundancia relativamente alta del recurso (Figura 10). No se observó relación aparente entre el CPUE y la variación de la ATSM (Figura 11).

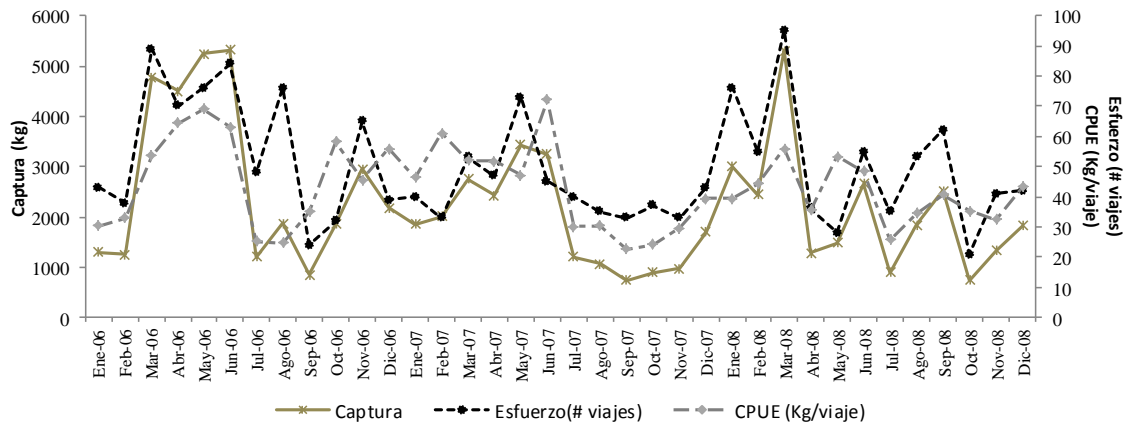


Figura 10. Captura, esfuerzo (# de viajes), y CPUE del “cangrejo peludo” *Cancer setosus* durante el periodo 2006 — 2008 en el área del Callao.

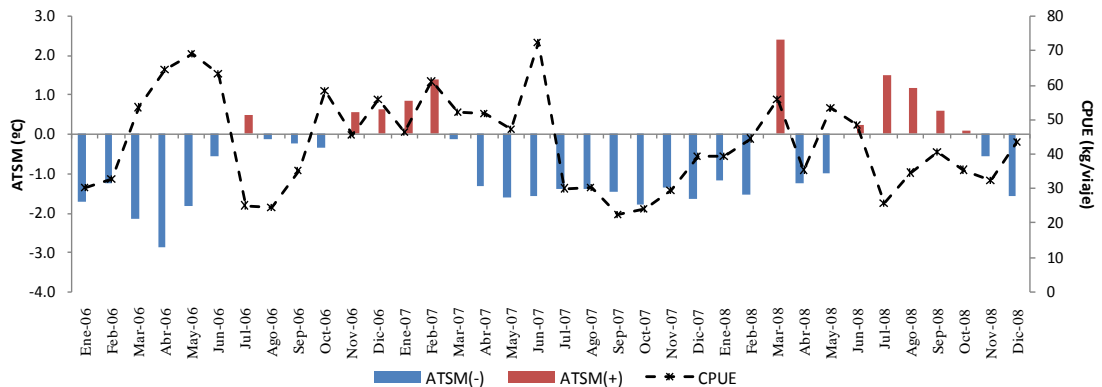


Figura 11. Variación del CPUE respecto a la anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM) durante el periodo 2006 — 2008 en el área del Callao.

8. Discusión

La estructura por tallas obtenida en este estudio refleja que hay una mayor incidencia de ejemplares de mayor tamaño, no encontrándose ejemplares con tallas menores a los 60 mm de ACT, caso contrario a lo ocurrido en el estudio realizado por Merino (1995), donde no se obtuvieron ejemplares con ACT mayores a 134 mm, pero si ejemplares hasta los 26 mm, similar caso ocurrió en el estudio realizado por Acosta, *et al.* (1996), donde la mínima talla fue 57mm y la máxima 103 mm AC. La incidencia de tallas mayores en el presente estudio podría deberse a la selección realizada por parte de los pescadores, debido a que los ejemplares con mayores tallas son más cotizados en los mercados locales. La distribución batimétrica de este recurso se extiende hasta los 45 m de profundidad y la actividad pesquera se realiza principalmente entre los 10 y 20 metros, franja donde se encuentran los ejemplares de talla comercial. Los ejemplares con menores tallas prefieren zonas menos profundas (< 10 m), mientras que los ejemplares con mayores tallas y hembras con huevos se profundizan (Gutiérrez y Zuñiga, 1976).

La proporción sexual obtenida en este estudio fue de 61,5 % y 38,5 % en machos y hembras respectivamente. Es clara la predominancia de machos durante las épocas de postura que se realiza durante el verano – otoño (Shields, 1991), hecho que podría relacionarse al comportamiento reproductivo de las hembras, quienes migran a mayores profundidades, como lo observado por Tresierra y Arana (1988) en *Mursia gaudichaudi*, y se esconden bajo piedras o se entierran en la arena para proteger los huevos. También cabe resaltar el impacto de la actividad pesquera que ejerce una presión selectiva sobre los ejemplares machos, haciendo que sean éstos más abundantes en las capturas.

Los resultados obtenidos difieren de los presentados por Acosta, *et al.* (1996), en el cual el número de hembras es significativamente mayor que los machos. De igual forma, en un estudio realizado para la zona del Callao, Talledo y Ishiyama (1988) encontraron similar situación, registrando una mayor presencia de hembras, y afirmaron que su relativa abundancia puede ser atribuida a que están expuestas a una mayor presión de pesca por localizarse en niveles menos profundos durante la temporada no reproductiva. Por otro lado, los resultados obtenidos por Merino (1995) y Gutiérrez y Zuñiga (1976) reportan una relación de 1 : 1 en las áreas de Casma (Perú) y Bahía de Mejillones del sur (Chile) respectivamente.

Los machos alcanzan una mayor talla y peso en relación a las hembras, y los factores de condición (α) y alométrico (b), denotan que existe una relación del tipo isométrico, es decir que presentan una relación proporcional entre el incremento en longitud del ancho de cefalotórax y la acumulación del peso total. La variación de β está asociada a un incremento desproporcional del peso durante el periodo reproductivo (crecimiento de gónadas), donde la mayor cantidad de energía es dirigida a la producción de huevos y no al crecimiento somático. Según Froese (2006) se puede hablar de crecimiento alométrico solo si b es menor que 2,5 o mayor que 3,5. Wolff y Soto (1992) encontraron que en la relación longitud — peso hay una diferencia significativa entre sexos, y mencionan que el crecimiento en machos es más cercano al valor teórico de b , mientras que en hembras se observa una diferencia más notable. De forma similar, Acosta, *et al.* (1996) describen el crecimiento con tendencia a lo alométrico, al realizar un análisis global agrupando machos y hembras por igual en una sola regresión para el área de Ilo. Esta diferencia en el crecimiento entre machos y hembras es una característica comúnmente reportada en cangrejos braquiuros (Orensanz y Gallucci, 1988 en *Cancer gracilis*, *C. magister* y *C. productus*; Donaldson *et al.*, 1981 en *Chionoecetes bairdi*; Estrada, 1999 en *Callinectes arcuatus*).

El factor de condición (k) presentó altos valores durante el periodo noviembre – mayo, reduciéndose gradualmente durante el año asociado al ciclo reproductivo de la especie. Los altos valores de k en hembras se deben al alto requerimiento de energía que éstas emplean para la reproducción, hecho que se apoya en la relación inversa entre el IGS y el factor de condición, como se muestra en los resultados. Los decrementos del índice gonadosomático que ocurren a finales del invierno, inicios de primavera y en verano coinciden con la expulsión de huevos fecundados (Talledo y Ishiyama, 1988). Al respecto, Hines (1991) afirma que la restricción bioceanográfica en la familia Cancridae a temperaturas frías y zonas boreales, aparentemente restringen la actividad reproductiva en muchas especies de este género a las estaciones de invierno – primavera, que resultan en la liberación de las larvas durante el pico de producción de plancton durante la primavera y el asentamiento de éstos con las aguas cálidas de verano, óptimas para el crecimiento. Perea (1998) muestra que *Cancer setosus* es activa durante todo el año, lo cual se corrobora en el presente estudio; además, reporta una asincronía en la maduración de machos y hembras, donde los machos alcanzan la madurez gonadal durante otoño – invierno y las hembras lo hacen en invierno - primavera, debido a que la cópula no necesariamente se realiza cuando las hembras están maduras, sino cuando éstas se encuentran en estado de muda o ecdisis, razón por la cual las hembras pueden encontrarse en estados de inmadurez o recuperación.

En relación a la talla media de desove, los valores estimados fueron mayores a los obtenidos por Perea (1998), quien reporta una talla media igual a 100 mm AC; esta diferencia se debe principalmente a la metodología empleada dado que la identificación de los estadios de madurez gonadal en el presente trabajo fue a nivel macroscópico, mientras que Perea (1998) utilizó el método histológico. Además los datos empleados para este análisis provienen de la pesquería comercial (mayor cantidad de ejemplares de tallas grandes), estos datos están asociado a un sesgo, el

cual se incrementa al momento de la catalogación de estadios de madurez, proceso que está ligado a la subjetividad del observador.

En el crecimiento de muchos crustáceos, en especial los cangrejos braquiuros, existen diferencias significativas en el crecimiento de algunas partes del cuerpo entre individuos inmaduros y maduros (Hartnoll, 1978). Estas relaciones han sido demostradas para las familias Cancridae (Brown y Bennett, 1980; Hankin *et al.*, 1997; Orensanz y Gallucci, 1988; Pinho *et al.*, 2001; Weymouth y Mackay, 1936), Geryonidae (Fernandez-Vergaz *et al.*, 2000), Majidae (Corgos y Freire, 2006), Portunidae (Haefner Jr., 1990) y Sesarmidae (Flores y Paula, 2002b). En base a esta relación existente entre el crecimiento alométrico de algunas estructuras y la madurez morfométrica del individuo se determinó la talla media de madurez morfométrica. En muchos cangrejos braquiuros la madurez fisiológica precede a la madurez morfológica, la cual a su vez precede a la madurez en el comportamiento (Watters y Hobday, 1998); sin embargo, en algunas especies, el inicio de estos estados de madurez coinciden (Flores *et al.*, 2002a). En el caso del cangrejo peludo, basándose en estudios previos y los resultados obtenidos, primero alcanza la madurez fisiológica y luego alcanza la madurez morfométrica.

En el análisis se pudo diferenciar tres etapas de desarrollo sexual, una de inmadurez o pre-pubertad (que va desde las tallas menores hasta aproximadamente los 100 mm ACT), otra de transición denominada pubertad (desde los 100 mm ACT a 130 mm ACT) y una última donde el individuo alcanza la madurez sexual denominada post-pubertad (Mayores a 130 mm ACT) (ver figura 9), situación que corrobora la descripción efectuada por Merino (1995) para la misma especie. De las tres etapas anteriores, la intermedia es donde se puede verificar el cambio correspondiente al paso de pubertad a post-pubertad, el cual se determinó a través de la regresión logística en 120,5 mm ACT, valor que al ser comparado con el obtenido por Merino

(1995) resulta ser elevado, debido a la escasa presencia de ejemplares pequeños (< 40 mm) que fueron empleados en el análisis; en ese sentido, se obtuvo una buena representatividad de la fase intermedia (pubertad) y de la fase post-pubertad, no siendo así en la fase pre-pubertad.

En la estimación de los parámetros de crecimiento ajustados a la expresión de Von Bertalanffy se consideraron constantes durante el periodo de estudio, dado que durante este periodo no se observaron eventos extraordinarios como eventos El Niño. Se observó que los valores obtenidos mediante el procedimiento empleado por Sant'anna *et al.* (2008) en el cangrejo ermitaño *Clibanarius vittatus*, fueron similares a los obtenidos por Wolff y Soto (1992), quienes emplearon el programa ELEFAN I (Pauly, 1987). Estos valores difieren a los registrados por Merino (1995), principalmente en el valor del AC_{∞} , posiblemente debido a la metodología utilizada, sumado a la ausencia de ejemplares mayores a 134 mm AC; aunque las estimaciones varíen de un estudio a otro, todos muestran un crecimiento similar, tal como lo demuestra el valor de phi (ϕ). El Winter Point (WP) fue determinado en los meses de mayo y junio, durante los cuales estos ejemplares experimentarían el menor crecimiento.

La mortalidad total (Z) estimada para ambos sexos (3,25 – 3,61 y 2,6 – 3,0 para machos y hembras respectivamente) fue mayor, en comparación con el calculado por Wolff y Soto (1992) (2,6 en machos y 1,85 en hembras), quienes a través de un análisis de cohortes determinaron que el valor de Z se incrementa con el tamaño de los ejemplares en ambos sexos, asociado a un incremento de la pesca o a un incremento de la mortalidad natural con la edad. El incremento de la mortalidad natural atribuido a la senescencia es reportado para varias especies como en *Cancer magister* (Hankin *et al.*, 1989); *C. magister*, *C. productus* y *C. gracilis* (Orensanz y Gallucci, 1988) y en *Scylla serrata* (Hill, 1975). Al igual que en Chile, este comportamiento

moribundo del “cangrejo peludo” es observado a través del buceo, aunque no se afirma plenamente que se deba a la edad, sino también a factores ambientales o antrópicos, principalmente contaminación (Zavala, J. *Com. Pers.*, 2011).

Uno de los principales problemas en la ciencia pesquera es la determinación de la mortalidad natural en adultos (individuos longevos) en una población específica. Al respecto, Beverton y Holt (1959) demostraron la relación directa existente entre la constante de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy (K) y la mortalidad natural (M). De la misma forma, Pauly (1980) determinó la misma relación, pero con una pequeña corrección atribuida al peso máximo que puede alcanzar un individuo (W_{∞}) y la temperatura (citado por Andersen *et al.*, 2009).

Aunque se asume que la mortalidad natural es constante en las relaciones clásicas, la mortalidad varía con el tamaño individual del cuerpo (Andersen, *et al.*, 2009; Canales y Arana, 2009), por lo que la teoría clásica de las ciencias pesqueras omite la explícita dependencia entre la mortalidad y el crecimiento. Basándose en el supuesto de una mortalidad natural constante, es que se ha llegado a una relación clásica donde la tasa de productividad (P/B) es igual a M (Allen, 1971). Aunque no está claro si esta relación es válida, puesto a que los cálculos analíticos de la mortalidad con un tamaño o edad que varíen no han sido posibles de realizar, se asume que la mortalidad natural es constante; de esta manera se empleó la relación empírica entre la tasa de producción (P/B) y la mortalidad natural propuesta inicialmente por Pauly (1980) después modificado y extendido por Brey (1999a). En este contexto, los valores estimados de la mortalidad natural resultan ser altos en comparación con los estimados por Wolff y Soto (1992); esta mortalidad estaría asociada a la senescencia. Ambos trabajos coinciden en la mayor mortalidad presentada en los machos, evento que no se puede apreciar en otras especies como el “cangrejo violáceo” *Platyxanthus orbigny*, donde los valores más altos de M fueron estimados en hembras, vinculado al proceso de

extrusión y acarreo de huevos, lo cual implica un gran consumo de energía y una posible modificación del comportamiento asociado a una mayor mortalidad en las hembras (Oliva *et al.*, 1997); comportamiento que también fue observado en *Munida subrugosa* en el Estrecho de Magallanes (Rodríguez y Bahamonde, 1986).

El óptimo de explotación de un recurso ocurre cuando E es cercano a 0,5 (Gulland, 1971); por lo tanto, la tasa de explotación estimada de 0,64 — 0,7 y 0,57 — 0,69 en hembras y machos respectivamente, permitirían afirmar que la pesquería del “cangrejo peludo” en el área del Callao se encuentra en una etapa de intensa explotación y que las actividades de la flota pesquera artesanal en esta zona estarían empezando a mostrar efectos negativos sobre la población del cangrejo peludo.

La variación de las capturas del “cangrejo peludo” durante el periodo de estudio presentó una tendencia negativa, la cual se manifiesta en la reducción del CPUE desde 48,7 kg viaje⁻¹ en el 2006 a 42,3 kg viaje⁻¹ en el 2008. Aunque la variación del CPUE anual no es significativa (IMARPE, 2009), podría representar un signo de declinación de la abundancia del recurso; sin embargo, la relación directamente proporcional observada en los valores de captura y esfuerzo en la mayoría de meses, da a entender una buena disponibilidad del “cangrejo peludo” asociada a las condiciones frías que predominaron durante este periodo, situación contraria a lo que sucede en eventos cálidos como “El Niño” donde se presentan altas mortalidades de esta especie y otros crustáceos como *Cancer porteri* y *Platyxanthus orbygnyi* (Avalos *et al.*, 2005). Al respecto, se requerirá de un análisis histórico de la pesquería del “cangrejo peludo” y su relación con factores ambientales y antrópicos, a fin de determinar las posibles causas de las variaciones del CPUE.

9. Conclusiones

La talla máxima obtenida durante el periodo de estudio fue 186,19 mm AC en machos, y de 172,2 mm en hembras, además se encontró diferencias significativas entre las tallas de machos y hembras ($p\text{-value} < 2.2\text{e-}16$).

La proporción sexual del cangrejo peludo durante el periodo de estudio evidenció un predominio de machos con un 61,5 %, mientras que las hembras conformaron el 38,5 % de las capturas, no cumpliendo, la proporción esperada de 1:1.

El crecimiento de *C. setosus* mostró una relación del tipo isométrica, cuya resultante para machos fue $\text{Peso total} = 0,00017 * AC^{3,02}$ y en hembras la resultante fue $\text{Peso total} = 0,00090 * AC^{2,66}$.

La variación del factor de condición (k) en machos del cangrejo peludo es cíclica, y presentó los mayores valores en los meses de octubre—marzo, para luego reducirse drásticamente en abril—setiembre. En hembras, esta reducción es gradual, teniendo altos valores a inicios de cada año, y los menores al término de éstos.

El proceso reproductivo de *C. setosus* se realiza durante todo el año, principalmente de julio a octubre (invierno e inicios de primavera).

El crecimiento de *C. setosus* macho respecto a la alometría de la quela, presenta tres etapas: pre-pubertad, pubertad y post-pubertad; la talla media de madurez morfológica fue estimada dentro de la etapa de pubertad en 120,48 mm AC.

La L_{∞} estimada para machos y hembras fueron de 204,09 y 194,14 mm AC respectivamente, valores que resultaron ser mayores a los reportados para la zona

norte de nuestra costa y para la zona de Chile, no siendo así la tasa de crecimiento que resultó ser similar a diferentes latitudes.

Respecto al IGS, éste fue muy variable durante los años analizados, por lo cual no se observó el patrón esperado.

Las tallas media de desove y de evacuación fueron estimadas en 107,4 y 122,48 mm AC respectivamente.

La CPUE presentó una tendencia negativa aunque esta variación no fue significativa, y no mostró relación aparente con la variación de las anomalías de la temperatura superficial del mar, pero si mantiene una relación positiva con el esfuerzo de pesca (número de viajes) dando a entender una buena disponibilidad del recurso durante este periodo.

Una tasa de explotación mayor a 0,5 y una mortalidad por pesca mayor a 3 año^{-1} en machos y $2,5 \text{ año}^{-1}$ en hembras reflejaría una población sometida a una intensa pesquería, además la mortalidad natural afectaría con mayor intensidad a los machos.

10. Referencias bibliográficas

- ACOSTA, O., RIVERA, L. Y ANGELES, J. Características biométricas y biológicas de la especie *Cancer setosus* en el área de Ilo. In *Ciencia & Desarrollo*. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 1996, vol. 3, p. 28-34.
- AGUILAR, M. Y PIZARRO, P. Empleo de ventanas de escape en trampas para la captura de jaiba peluda (*Cancer setosus*) en Iquique, Chile. *Invest. Mar. Valparaíso*, 2006, vol. 34, no. 2, p. 63-70.
- ALLEN, K.R. Relation Between Production and Biomass. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1971, vol. 28, no. 10, p. 1573-1581.
- ANDERSEN, K.H., FARNSWORTH, K.D., PEDERSEN, M., GISLASON, H. Y BEYER, J.E. How community ecology links natural mortality, growth, and production of fish populations. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, October 1, 2009 2009, vol. 66, no. 9, p. 1978-1984.
- APPELDOORN, R.S. Modification of a seasonally oscillating growth function for use with mark-recapture data. *Journal du Conseil*, January 1, 1987 1987, vol. 43, no. 3, p. 194-198.
- ARRIZAGA, A., VELOSO, C., CORNEJO, C., VÉLIZ, M. Y CHONG, J. Resultados operacionales de captura experimental de crustáceos decápodos en caleta Lenga. In. Talcahuano: Área de Pesca Artesanal, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1985, vol. 35, p. 1-95.
- AVALOS, M., ASOREY, C. Y CALCAGNO, J.A. 2005. Crustaceos de interés comercial de Chile y Perú: ¿cuánto se sabe sobre cómo los afecta "El Niño"? In *Proceedings of the XXV Congreso de Ciencias del Mar*, Viña del Mar, Chile, 16 -

20 Mayo 2005, S. PALMA, P. ARANA Y A. GUERRERO Eds. Sociedad Chilena de Ciencias del Mar, 222-223.

BENETTI, A.S. Y NEGREIROS-FRANSOZO, M.L. Relative growth of *Uca burgersi* (Crustacea, Ocypodidae) from two mangroves in the southeastern Brazilian coast. *Iheringia. Série Zoologia*, 2004, vol. 94, p. 67-72.

BEVERTON, R.J.H. AND S.J. HOLT. A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. In G.E.W. Wolstenholme and M. O'Connor (eds.) CIBA Foundation colloquia on ageing: the lifespan of animals, 1959, volume 5, p. 142-180.

BRANTE, A., FERNÁNDEZ, M., ECKERLE, L., MARK, F., PÖRTNER, H.-O. Y ARNTZ, W. Reproductive investment in the crab *Cancer setosus* along a latitudinal cline: egg production, embryo losses and embryo ventilation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 2003, vol. 251, p. 221-232.

BREY, T. A collection of empirical relations for use in ecological modelling. In *Naga. The ICLARM Quarterly*, 1999a, vol. 22, p. 24-28.

BREY, T. Growth Performance and Mortality in Aquatic Macrobenthic Invertebrates. En P.A.T. A.J. SOUTHWARD Y C.M. YOUNG. *Advances in Marine Biology*. Academic Press, 1999b, vol. Volume 35, p. 153-223.

BREY, T. Population dynamics in benthic invertebrates. A virtual handbook. In *Version 01.2.*, 2001.

BROWN, C.G. Y BENNETT, D.B. Population and catch structure of the edible crab (*Cancer pagurus*) in the English Channel. *Journal du Conseil*, April 1, 1980 1980, vol. 39, no. 1, p. 88-100.

- CANALES, C. Y ARANA, P.M. Crecimiento, mortalidad y evaluación de la población de cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*) explotado en el archipiélago de Juan Fernández, Chile. Lat. Am. J. Aquat. Res., 2009, vol. 37, no. 3, p. 313-326.
- CARDOSO, R.C.F. Y NEGREIROS-FRANSOZO, M.L. A comparison of the allometric growth in *Uca leptodactyla* (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae) from two subtropical estuaries. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2004, vol. 84, no. 04, p. 733-735.
- CASTIGLIONI, D.D.S. Y NEGREIROS-FRANSOZO, M.L. Comparative analysis of the relative growth of *Uca rapax* (Smith) (Crustacea, Ocypodidae) from two mangroves in São Paulo, Brazil. Revista Brasileira de Zoologia, 2004b, vol. 21, p. 137-144.
- CISTERNA, J.A., SALDÍAS, G.S. Y CÁCERES, C.W. Efecto de la hipoxia en la conducta de forrajeo de *Cancer setosus* (Molina, 1782) (Crustacea: Decapoda) alimentado con *Mytilus chilensis* (Hupé, 1854). Rev. Biol. Mar., 2008, vol. 43, no. 2, p. 419-423.
- CLOERN, J.E. Y NICHOLS, F.H. A Von Bertalanffy growth model with a seasonally varying coefficient. J. Fish. Res. Board. Can., 1978, vol. 35, p. 1479 - 1482.
- CORGOS, A. Y FREIRE, J. Morphometric and gonad maturity in the spider crab *Maja brachydactyla*: a comparison of methods for estimating size at maturity in species with determinate growth. ICES Journal of Marine Science, 2006, vol. 63, p. 851-859.
- CSIRKE, J. *Introducción a la dinámica de poblaciones de peces*. edited by W.G. CLARK. Edición ed. Roma: FAO. Documento Técnico de Pesca, 1989. 82 p. ISBN 92-5-300916-0.

- CHIRICHIGNO, N. Lista de Crustáceos del Perú (Decapoda y Stomatopoda) con datos de su distribución geográfica. Informe Instituto del Mar del Perú, 1970, vol. 35, p. 1-95.
- DONALDSON, W.E., COONEY, R.T. Y HILSINGER, J.R. Growth, Age and Size at Maturity of Tanner Crab, *Chionoecetes bairdi* M. J. Rathbun, in the Northern Gulf of Alaska (Decapoda, Brachyura). *Crustaceana*, 1981, vol. 40, no. 3, p. 286-302.
- ESTRADA, A. Aspectos poblacionales de la jaiba *Callinectes arcuatus* ORDWAY 1863, en la laguna de Cuyutlán, Colima. México. In *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*. Colima, México: Universidad de Colima, 1999, vol. Tesis Maestro en Ciencias Pecuarias, p. 68.
- FERNANDEZ-VERGAZ, V., LOPEZ ABELLAN, L.J. Y BALGUERIAS, E. Morphometric, functional and sexual maturity of the deep-sea red crab *Chaceon affinis* inhabiting Canary Island waters: chronology of maturation. *Marine Ecology Progress Series*, 2000, vol. 204, p. 169 - 178.
- FLORES, A. Y PAULA, J. Population Dynamics of the Shore Crab *Pachygrapsus marmoratus* (Brachyura: Grapsidae) in the Central Portuguese Coast. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 2002b, vol. 82, p. 229-241.
- FLORES, A., SARAVIA, J. Y PAULA, J. Sexual maturity, reproductive cycles, and juvenile recruitment of *Perisesarma guttatum* (Brachyura, Sesarmidae) at Ponta Rasa Mangrove Swamp, Inhaca Island, Mozambique. *Journal of crustacean biology*, 2002a, vol. 22, no. 1, p. 143-156.
- FROESE, R. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 2006, vol. 22, no. 4, p. 241-253.

- GARCÍA-DÁVILA, C.R., MAGALHÃES, C. Y GUERRERO, J.C.H. Morphometric variability in populations of *Palaemonetes* spp. (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) from the Peruvian and Brazilian Amazon Basin. *Iheringia. Série Zoologia*, 2005, vol. 95, p. 327-334.
- GAYANILO, J.F.C., SPARRE, P. Y PAULY, D. Fish Stock Assessment Tools - FiSAT II. [Version for 1.1.3. Roma: FAO, 2002.
- GULLAND, J.A. Science and Fishery Management. *Journal du Conseil*, May 1, 1971 1971, vol. 33, no. 3, p. 471-477.
- GUTIÉRREZ, J. Y ZUÑIGA, O. *Cancer setosus* MOLINA en la Bahía de Mejillones del Sur (Crustacea, Decapoda, Brachyura). *Rev. Biol. Mar. Oce.*, Diciembre 1976, vol. 16, no. 1, p. 1-25.
- HAEFNER JR., P.A. Morphometry and Size at Maturity of *Callinectes Ornatus* (Brachyura, Portunidae) in Bermuda. *Bulletin of Marine Science*, 1990, vol. 46, p. 274-286.
- HALL, N.G., SMITH, K.D., DE LESTANG, S. Y POTTER, I.C. Does the largest chela of the males of three crab species undergo an allometric change that can be used to determine morphometric maturity? *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, January 1, 2006, vol. 63, no. 1, p. 140-150.
- HANKIN, D.G., BUTLER, T.H., WILD, P.W. Y XUE, Q.-L. Does intense fishing on males impair mating success of female Dungeness crabs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1997, vol. 54, no. 3, p. 655-669.
- HANKIN, D.G., DIAMOND, N., MOHR, M.S. Y IANELLI, J. Growth and reproductive dynamics of adult female Dungeness crabs (*Cancer magister*) in northern

- California. Journal du Conseil: ICES Journal of Marine Science, January 1, 1989
1989, vol. 46, no. 1, p. 94-108.
- HARTNOLL, R.G. The determination of relative growth in crustacean. *Crustaceana*,
1978, vol. 34, p. 281 - 293.
- HENRÍQUEZ, G. Y BAHAMONDE, N. Clave de identificación de jaibas frecuentes en
las pescas comerciales de Chile (Crustácea, Decapoda, Brachyura). In *Ser.
Cient.* Santiago: Inst. Fom. Pesq., 1976, vol. 21, p. 1 - 73.
- HILL, B.J. Abundance, breeding and growth of the crab *Scylla serrata* in two South
African estuaries. *Marine Biology*, 1975, vol. 32, no. 2, p. 119-126.
- HINES, A.H. Fecundity and Reproductive Output in Nine Species of Cancer crabs
(Crustacea, Brachyura, Cancridae). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic
Sciences*, 1991/02/01 1991, vol. 48, no. 2, p. 267-275.
- IBÁÑEZ-AGUIRRE, A.L., CABRAL-SOLÍS, E., GALLARDO-CABELLO, M. Y ESPINO-
BARR, E. *Comparative morphometrics of two populations of Mugil curema
(Pisces: Mugilidae) on the Atlantic and Mexican Pacific coasts.* Edtion ed., 2006.
- IMARPE. Informe Tecnico: Situación actual de los cangrejos comerciales en el litoral.
In *Informes Internos*. Callao: Instituto del Mar del Perú, 2009, p. 14.
- IMARPE. Evaluación del POI - PTI al I Trimestre del 2011. In. Callao: Instituto del Mar
de Perú, 2011, p. 191.
- LE CREN, E.D. The lenght - weight relationship and seasonal cycle in gonad weight
and conditions in the perch *Perca fluvialitis*. *Journal of Animal Ecology*, 1951,
vol. 20, no. 2, p. 201 - 219.

- MENDEZ, M. Crustáceos comerciales y otras especies comunes en el litoral peruano. Bol. Lima., 1982, vol. 20, p. 1 - 20.
- MENDO, J., VALDIVIESO, V., YAMASHIRO, C., JURADO, E., MORON, O. Y RUBIO, J. Evaluación de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Bahía de Independencia, Pisco, Perú, 17 de Enero - 4 de Febrero de 1987. Informe Instituto del Mar del Perú, 1987, vol. 91, p. 1-64.
- MERINO, J.F. Biología reproductiva y crecimiento del "cangrejo peludo" *Cancer setosus* Molina (Crustacea: Decapoda) en la Bahía Guaynuna, Casma (Perú), Diciembre 1994 - Setiembre 1995. In *Ciencias Biológicas*. Trujillo - Perú: Universidad Nacional de Trujillo, 1995, p. 54.
- MORALES, C. Y ANTEZANA, T. Diet selection of the Chilean stone crab *Homalaspis plana*. Mar. Biol., 1983, vol. 77, p. 79 - 83.
- MUNRO, J.L. Y PAULY, D. A simple method for comparing growth of fishes and invertebrates. ICLARM Fishbyte, 1983, vol. 1, no. 1, p. 5 - 6.
- OLIVA, J., ARANA, P. Y GONZÁLEZ, A. Crecimiento y mortalidad del "cangrejo violáceo" *Platyxanthus orbignyi* en la zona costera de Lambayeque, Perú. Informe Instituto del Mar del Perú, 1997, vol. 126, p. 55-74.
- ORENSANZ, J.M. Y GALLUCCI, V.F. Comparative Study of Postlarval Life-History Schedules in Four Sympatric Species of Cancer (Decapoda: Brachyura: Cancridae). Journal of crustacean biology, 1988, vol. 8, no. 2, p. 187-220.
- PAULY, D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stock. J. Cons. Int. Explor. Mer, 1980, vol. 39, no. 3, p. 175-192.

- PAULY, D. A review of the ELEFAN system for analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates. In G.R. MORGAN. *ICLARM*. Safat, Kuwait: ICLARM, Manila, Philippines, and Kuwait Institute for Scientific Research, 1987, vol. 13, p. 7-34.
- PAULY, D. Y GASCHÜTZ, G. A simple method for fitting oscillating length growth data, with a program for pocket calculators. *ICES Journal of Marine Science*, 1979.
- PEREA, M.A. Estudio de la biología reproductiva del "cangrejo peludo", *Cancer setosus* Molina, 1782 (Crustacea: Decapoda: Cancridae) en la zona de Pisco. In *Facultad de Ciencias Biológicas*. Lima: Universidad Ricardo Palma, 1998, vol. Tesis Titulo Profesional, p. 66.
- PINHO, M.R., GONÇALVES, J.M. Y MARTINS, H.R. Biology and abundance of *Cancer bellianus* (Decapoda, Brachyura) around the Azores. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, January 1, 2001, vol. 58, no. 4, p. 896-903.
- PITCHER, T.J. Y MACDONALD, P.D.M. Two models for seasonal growth in fishes. *J. Appl. Ecol.*, 1973, vol. 10, no. 2, p. 599-606.
- RODRIGUÉZ, L. Y BAHAMONDE, R. Estimación del crecimiento y mortalidad natural en *Munida subrugosa* del Estrecho de Magallanes. *Invest. Pesq.*, 1986, vol. 33, p. 25-32.
- RUSSELL, E. S. Some theoretical considerations on the "overfishing" problem. *Journal du Conseil Permanente International pour l'Exploration de la Mer*, 1931, Vol. 6, p. 3-27.
- SANT'ANNA, B.S., CHRISTOFOLETTI, R.A., ZANGRANDE, C.M. Y REIGADA, A.L.D. Growth of the Hermit Crab *Clibanarius vittatus* (Bosc, 1802) (Crustacea,

- Anomura, Diogenidae) at São Vicente, São Paulo, Brazil. Braz. arch. biol. technol., 2008, vol. 51, no. 3, p. 547-550.
- SEIPLE, W.H. Y SALMON, M. Reproductive, growth and life-history contrasts between two species of grapsid crabs, *Sesarma cinereum* and *S. reticulatum*. Marine Biology, 1987, vol. 94, no. 1, p. 1-6.
- SHIELDS, J.D. The reproductive ecology and fecundity of Cancer crabs. Crustacean Egg Production, 1991, vol. 7, p. 193-213.
- SORIANO, M. Y PAULY, D. A method for estimating the parameters of the seasonally oscillating growth curve from growth increment data. Fishbyte, Newsletter of the Network of Tropical Fisheries Scientists, 1989, vol. 7, no. 1, p. 18-21.
- SPARRE, P. Computer programs for fish stock assessment. Length based Fish Stock Assessment for Apple II microcomputers. FAO Fish. Tech. Pap. (101), 1987, Suppl. 2:218 p.
- SPARRE, P. Y VENEMA, S.C. *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales*. Edition ed. Roma: FAO, 1997. 420 p.
- TALLEDO, C. Y ISHIYAMA, V. Reproductive cycle of the female *Cancer setosus* from the littoral of Lima, Peru. En H. SALZWEDEL Y A. LANDA. *Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano*. Callao: Instituto del mar del Perú, 1988, vol. Extraordinario, p. 147 - 151.
- TRESIERRA, A. Y ARANA, P. Observaciones biológicas sobre *Mursia gaudichaudi* (H. Milne Edwards, 1937) capturada en Valparaíso, Chile (Decapoda, Brachyura, Calappidae). Cienc. y Tec. del Mar, CONA, 1988, vol. 12, p. 33-59.
- VAZZOLER, A.E.A. Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes. Reprodução e crescimento. In.: CNPq, 1979, p. 106.

- VAZZOLER, A.E.A. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*.
Edição ed. Maringá: EDUEM, 1996.
- WATTERS, G. Y HOBDAI, A.J. A new method for estimating the morphometric size at maturity of crabs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1998, vol. 55, no. 3, p. 704-714.
- WEYMOUTH, F.W. Y MACKAY, D.C.G. Analysis of the Relative Growth of the Pacific Edible Crab, *Cancer magister*. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1936, vol. 106, no. 1, p. 257-280.
- WOLFF, M. Population Dynamics of the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus* during the El Niño Phenomenon of 1983. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1987, vol. 44, no. 10, p. 1684-1691.
- WOLFF, M. Y SOTO, M. Population dynamics of *Cancer polyodon* in La Herradura Bay, Northern Chile. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 1992, vol. 85, p. 69-81.